



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**“DISEÑO DE UNA ESTUFA ROCKET PARA SINTETIZACIÓN DE CARBÓN
ACTIVADO USANDO BIOCOMBUSTIBLE DE BAJO COSTO PARA LA
EMPRESA A Y D PIONEER S.A.C. – TRUJILLO”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

AUTOR:

Brian Arián Vásquez Bazán

ASESOR:

PhD. Jorge Antonio Olortegui Yume

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2017

PAGINA DEL JURADO

“Diseño de una Estufa Rocket para sintetización de carbón activado usando biocombustible de bajo costo para la Empresa A Y D Pioneer S.A.C. – Trujillo”

.....

Autor: Vásquez Bazán, Brian Arián.

.....

Presidente: Ing. Jorge Antonio Inciso Vásquez.

.....

Secretario: Ing. Felipe Eduardo de la Rosa Bocanegra

.....

Vocal: PhD. Jorge Antonio Olortegui Yume

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Rosa y Guillermo por haberme formado como la persona que soy en la actualidad; pues muchos de mis logros se los debo a ustedes, incluyendo este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. También a Dios y a mis abuelos Alejandro Vásquez Vílchez y Luis Bazán Vera, por ser mí guía y apoyo incondicional en todo momento, especialmente en los momentos más difíciles.

Brian Arián Vásquez Bazán.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a las personas que me brindaron su apoyo de alguna forma durante el proceso de desarrollo de la tesis, ya sea compartiendo sus conocimientos, aconsejándome y sobre todo motivándome; a ellos mi eterna gratitud.

Agradezco también a Dios, por ser mi guía en todo momento y brindarme la fortaleza para seguir adelante durante el largo camino de formación profesional.

A mis padres por brindarme su apoyo tanto económico como moral; y que a pesar de los obstáculos, me llenan de aliento necesario para ser mejor y superarme en todo momento.

A mi asesor el PhD. Jorge Antonio Olortegui Yume por brindarme sus conocimientos, tiempo y aportes que han sido de mucha ayuda para poder realizar exitosamente este proyecto.

Y para finalizar, también agradezco a todos mis compañeros y docentes que de una u otra forma ayudaron a la realización de esta tesis.

Brian Arián Vásquez Bazán.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Brian Arián Vásquez Bazán con DNI N° 70319548, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 16 de Diciembre del 2017.

Brian Arián Vásquez Bazán

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada "DISEÑO DE UNA ESTUFA ROCKET PARA SINTETIZACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO USANDO BIOCOMBUSTIBLE DE BAJO COSTO PARA LA EMPRESA A Y D PIONEER S.A.C.– TRUJILLO".

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

La presente tesis consta de 6 capítulos.

El cual, presenta como objetivo principal: Diseñar una estufa rocket para sintetización de carbón activado a partir de la cáscara de coco, usando el biocombustible hueso de aceituna para reducir los olores en la empresa A Y D Pioneer S.A.C.

En el Primer Capítulo: Se presentan los antecedentes utilizados en la tesis y las teorías relacionadas al tema.

En el Segundo Capítulo: Se presenta la metodología que seguirá la investigación.

En el Tercer Capítulo: Se presentan los resultados del estudio realizado.

En el Cuarto Capítulo: Se presentan las diferentes discusiones que se obtuvieron en los resultados de la tesis y de los antecedentes.

En el Quinto Capítulo: Se presentan las conclusiones del estudio realizado en la investigación.

Y finalmente en el Sexto Capítulo: Se presentan las recomendaciones para futuras investigaciones del estudio realizado.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Realidad Problemática	12
1.2 Trabajos previos	14
1.3 Teorías relacionadas al tema	19
1.3.1 Definición de biomasa	19
1.3.2 Tipos de biomasa	20
1.3.3 Importancia de la biomasa como fuente de energía	21
1.3.4 Cáscara de coco	23
1.3.5 Hueso de aceituna	24
1.3.6. Estufas mejoradas	26
1.3.7 Tipos de estufas mejoradas	27
1.3.8 Estufa rocket	31
1.3.9 Aislamiento para alta temperatura	36
1.3.10 Carbón activado	37
1.3.11 Diseño de estufa rocket	39
1.4 Formulación del problema	47
1.5 Justificación del estudio	47
1.6 Objetivos	48
1.6.1 Objetivo general	48
1.6.2 Objetivos específicos	48
II. Metodología	50
2.1 Diseño de investigación	50
2.2 Variables, operacionalización	52
2.2.1 Variable independiente	55
2.2.2 Variable dependiente	55
2.3. Población y muestra	56
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	56
2.5. Métodos de análisis de datos	56
III. RESULTADOS	59
3.1 Necesidades de la empresa	59
3.2 Recomendaciones de diseño para cocinas rocket	61
3.3 Expresar las necesidades en términos de ingeniería	64

3.4 Conceptos de diseño	64
3.4.1. Conceptos de diseño de la estructura	64
3.5 Diseño de Configuración	70
3.5.1 Diseño de configuración general de la máquina	70
3.5.2 Matriz de selección para configuración	75
3.6 Configuración y Dimensionamiento General de la Maquina	79
3.7 Selección de materiales	81
3.8. Diseño Paramétrico	85
3.8.1. Diseño Paramétrico mediante GUI MATLAB®	85
3.8.2. Diseño paramétrico mediante ANSYS FLUENT	89
3.8.2.1. Simulación de combustión de la estufa rocket	90
3.8.3. Elaborar los planos finales del proyecto	96
3.9. Elaborar el Análisis Económico (ROI, VAN Y TIR)	97
3.10. Comparar costos de diseño de la Estufa Rocket.	101
4. DISCUSION	103
5. CONCLUSIONES	107
6. RECOMENDACIONES	110
VII. REFERENCIAS	112
ANEXOS	116

RESUMEN

La presente investigación se centra en el diseño de una Estufa Rocket para producción de carbón activado utilizando cáscara de coco hueso de aceituna como biocombustible para la empresa “A Y D Pioneer S.A.C.”.

Las necesidades de la empresa fueron obtenidas mediante entrevistas al personal. Luego, se generaron 04 conceptos de diseño con potencial de éxito mismos que fueron filtrados mediante una matriz de selección. El concepto ganador fue sometido al diseño de configuración para la optimización del mismo. Para tomar decisiones respecto de componentes críticos se realizó el diseño paramétrico en dos partes: mediante una GUI-MATLAB y mediante el FLUENT-ANSYS. Se parametrizaron la altura de la chimenea, el flujo de combustible, la distancia del ducto de aire y los flujos máscicos de aire y combustible para obtener la temperatura promedio en la cámara de combustión y la distribución de temperatura en el rango de activación del carbono en el precursor (600-800°C). Se culminó el proyecto con un análisis económico de rentabilidad.

Se determinó que altura máxima del equipo debería cumplir el rango de: $h \leq 0.82m$, el largo: $L \leq 0.92m$ y el ancho: $W \leq 0.48m$. Se consideró óptimo al modelo en L con alimentador de combustible a 45°. La temperatura promedio según la GUI-MATLAB resultó en $T_{prom} = 1241.57K$ para un flujo máscico de combustible de 0.0010 Kg/s para una potencia de combustión de 18kW la cual fue corroborada por la simulación FLUENT- ANSYS con $T_{prom} = 1241.57K$ es decir, un error de 10.266%. Los indicadores económicos TIR, VAN, y ROI tuvieron valores de 12%; 3208.29; 0.81 respectivamente.

El diseño paramétrico mostro ser una herramienta útil para observar alternativas en la consecución de la temperatura adecuada para activación. La metodología diseño en ingeniería permitió facilitó la toma de decisiones en cada etapa del diseño. El equipo es rentable según los indicadores del análisis económico.

Palabras Clave: Estufa Rocket, carbón activado, cáscara de coco, hueso de aceituna.

SUMMARY

The present research focuses on the design of a Rocket Stove for the production of activated carbon using coconut husk as an olive oil biofuel for the company "A and D Pioneer S.A.C.".

The needs of the company were obtained through interviews with the staff. Then, 04 design concepts with the same success potential were generated that were filtered through a selection matrix. The winning concept was submitted to the configuration design for its optimization. To make decisions regarding critical components, the parametric design was carried out in two parts: through a GUI-MATLAB and through the FLUENT-ANSYS. The chimney height, the fuel flow, the distance of the air duct and the mass air and fuel flows were parameterized to obtain the average temperature in the combustion chamber and the temperature distribution in the activation range of the carbon in the precursor (600-800 ° C). The project was completed with an economic analysis of profitability.

It was determined that the maximum height of the equipment should meet the range of: $h \leq 0.82\text{m}$, the length: $L \leq 0.92\text{m}$ and the width: $W \leq 0.48\text{m}$. The model in L with a 45 ° fuel supply was considered optimal. The average temperature according to the GUI-MATLAB resulted in $T_{\text{prom}} = 1241.57\text{K}$ for a mass fuel flow of 0.0010 Kg / s for a combustion power of 18kW which was corroborated by the FLUENT-ANSYS simulation with $T_{\text{prom}} = 1241.57\text{K}$ ie an error of 10,266%. The economic indicators TIR, VAN, and ROI had values of 12%; 3208.29; 0.81 respectively.

The parametric design showed to be a useful tool to observe alternatives in the achievement of the adequate temperature for activation. The engineering design methodology allowed facilitated decision making at each stage of the design. The equipment is profitable according to the economic analysis indicators.

Keywords: *Rocket stove, activated carbon, coconut shell, olive bone.*

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

En las últimas décadas ha venido tomando mayor relevancia el cuidado por el medio ambiente, provocando la búsqueda de diferentes alternativas de combustibles menos contaminantes, esto popularizó el uso de estufas mejoradas, tales como la famosa “Estufa Rocket”. Este tipo de estufa es muy usada en todo el mundo, especialmente en las zonas rurales de los países en vías de desarrollo, ya que utiliza cualquier tipo de biocombustible, disminuyendo la tala de los bosques y sus emisiones de gases contaminantes son mínimas (Castro, K. 2015).

Las biomasas son combustibles de origen orgánico, tales como la leña, residuos ganaderos, carbón, cáscaras de semillas y frutos secos, etc. Estas ofrecen una fuente de energía accesible y de bajo costo comparado con fuentes de energía como la electricidad o el gas. Un tipo de biocombustible muy usado a nivel mundial es la aceituna, teniendo a España como su principal productor, debido a que produce anualmente una cantidad destacada de un residuo como es el hueso de aceituna, el cual por sus excelentes características, es usado desde hace años para fines energéticos, eléctricos y térmicos (Radiocable, 2017).

El carbón activado, es un producto poroso que se obtiene por carbonización y activación de materiales orgánicos, especialmente de origen vegetal, con el fin de obtener un alto grado de porosidad y así poder adsorber una gran cantidad de diversos compuestos gaseosos o sustancias líquidas. Este se logra obtener por medio de 2 métodos: la activación térmica (activación física) y por deshidratación química. Este tipo de material es importante porque tiene una gran cantidad de aplicaciones tales como la eliminación de impurezas en el agua, purificación de aire, eliminación de olores, etc. Además, que las materias utilizadas para obtener el carbón activado, son muy económicas y de fácil acceso (Sevilla, U. 2002). Existen varios precursores naturales para la generación de carbón activado destacando entre ellos la cascara de coco debido a su bajo costo. La cáscara de coco posee una composición similar a las maderas duras,

menor celulosa y alto contenido de lignina. Además de esto, tiene capacidad para fijar cloro libre, partículas de Fe, materia orgánica, olores y sabores (Flores, W. 2001).

En las zonas rurales del Perú, las familias cocinan sus alimentos en fogones abiertos, quemando diferentes tipos de biomasa, principalmente leña. El uso de estos dispositivos genera emisiones de gases contaminantes, ya que la combustión se da de manera incompleta, lo cual provoca serios problemas de salud a las personas. A razón de este problema, en el Perú, el uso de biomásas como recurso energético ha tomado gran importancia en las últimas décadas; siendo constituido principalmente por tallos, hojas y coronta del maíz (35,25%), por residuos de la cosecha de caña de azúcar (20,6%), bagazo (17,4%), pajilla de arroz (13,6%), broza de algodón (5,7%), cascarilla de arroz (4,46%), , broza de espárrago (2,23%) y viruta, aserrín (0,8%). Además los departamentos con mayor potencial son: La Libertad (26%), Lambayeque (16,7%), Lima (13%), Piura (11,7%), San Martín (7,1%), e Ica (6,23%) (Assureira, E. y Assureira, M.A. 2013). Conociendo esta realidad, el gobierno peruano ha realizado diversas campañas en las que se promociona y se facilitada la adquisición de cocinas mejoradas en las diversas regiones del Perú, especialmente en las zonas rurales, como por ejemplo realizó “La Campaña Nacional Medio millón de Cocinas Mejoradas, por un Perú sin Humo”, el 18 de junio de 2009.

El sector agrícola es una las principales actividades económicas en el Perú. La producción de coco se concentra en a la zona sur del Perú, Tacna, Arequipa, Pisco e Ica, debido a condiciones climáticas. El departamento de Tacna es el principal productor de coco, abarcando más del 60% de la producción nacional (Castro, Marcos 2012). Asimismo el cultivo de la palma de coco en el Perú cuenta con 60 mil hectáreas, de las cuales el 90% se concentra en San Martín y Ucayali, y el 10% en Loreto y Huánuco. (Proyectos peruanos, 2016).

La empresa A Y D Pioneer S.A.C., se encuentra ubicada en la ciudad de Trujillo, Departamento de La Libertad, Perú. Esta empresa cuenta con un taller muy

amplio cuya principal actividad es la fabricación de estructuras metálicas. Cuenta también con un área destinada a la actividad de desplumado de aves de corral. Esta planta procesa aproximadamente 1500 aves de corral por día, lo cual genera un olor muy desagradable en el ambiente durante el proceso de desplumado. Por ello los trabajadores utilizan cal en polvo para eliminar los olores esparciéndola en el suelo. Sin embargo, han visto mucho más viable el uso de carbón activado para eliminar el mal olor debido a su efectividad, economía y facilidad de reciclaje.

En este trabajo de investigación se diseñará una estufa rocket capaz de producir carbón activado usando cáscara de coco como precursor natural para ser usado como desodorizante de ambientes en la empresa A Y D Pioneer S.A.C.

1.2 Trabajos previos

Álvarez Pablo, Harold J. (2009), en su tesis para optar el grado de ingeniero mecánico en la Pontificia Universidad Católica del Perú “Estudio de cocinas mejoradas empleando leña y bosta como combustible”. Se realizó un estudio de funcionamiento entre los diferentes modelos de cocinas mejoradas, similares a las que se emplean en diversas comunidades de nuestro país, donde se emplean la leña y bosta como combustible. Se construyó 5 prototipos de cocinas mejoradas de adobe; se evaluaron los rendimientos de los 5 prototipos de cocinas mejoradas, usando un Test Estándar de Ebullición de Agua, se consiguieron resultados de: Ahorro de combustible, eficiencia térmica y potencia promedio. La evaluación del nivel de contaminación de aire se realizó a través del monitoreo de monóxido de carbono (ppm) que se encontraba en el ambiente interior donde se cocina durante la cocción.

Se concluyó que la eficiencia térmica del equipo depende de la geometría de la cámara de combustión, obteniéndose los mejores resultados con una cámara de combustión en forma de “L”.

MacCarty, Nordica et al. (2007), en su reporte de investigación en Aprovecho Research Center, "Laboratory Comparison of the Global-Warming Potential of Six Categories of Biomass Cooking Stoves" Se analizaron las emisiones de gases y partículas de seis cocinas: una estufa de tres piedras, una estufa cohete, una estufa de ventilador, una estufa de gasificador, una estufa de carbón y una estufa ardiente de casco de arroz. Se usó una prueba de ebullición de agua de la Universidad de California en Berkeley 2003 para probar cada cocina tres veces, usando 2,5 L de agua usada en una olla estándar de 3 litros, pero debido restricciones de tiempo, se omitió la fase de inicio en caliente de la prueba. Además, el agua se coció a fuego lento durante 30 minutos en lugar de 45. Los fogones abiertos y estufas de cohetes se prendieron con una pequeña cantidad (10-15 g) de periódico. En cambio la estufa de ventilador, gasificador y cocina de casco de arroz, se prendieron con leña de madera empapada en el líquido de encendedor de carbón.

Se concluyó que: Se ha demostrado que las cocinas mejoradas reducen la cantidad de combustible utilizado para cocinar alimentos, la contaminación atmosférica producida en las cocinas, la deforestación y la inhalación de humo.

Usca, Edwin (2015), en su tesis para optar el grado de ingeniero químico en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco "Diseño y Construcción de una cocina rural en forma de L". Se diseñó, construyó y operó una cocina mejorada con cámara de combustión en forma de "L", dotado de chimenea, para los sectores rurales de la provincia de Urubamba. Para el diseño de la cámara de combustión en forma de "L", se construyó una cámara de combustión madre con arcilla de San Jerónimo, a esta cámara se realizó cortes con la finalidad de obtener 3 cámaras con diferentes alturas. A las cámaras de combustión se realizaron pruebas de ebullición del agua PEA, para el material de la cámara de combustión, se procedió a obtener un nuevo material consistente en mezcla en masa de arcilla de San Jerónimo con el mineral Sílice de Lampa- Puno, y para el diseño de la chimenea de la cocina mejorada, se consideró una altura 2.5 m y un diámetro interno de 12 cm, de material de plancha metálica galvanizada de 1/40" de espesor, con capucha correspondiente. Se halló que la eficiencia térmica fue de 25.74% y potencia promedio de 1.72 kW.

Se concluyó que la cocina mejorada comparada con la cocina tradicional o fogón de la provincia de Urubamba, logra ahorrar un 64% de la leña utilizada.

Khan, Sabrina (2016), en su artículo “Development of Portable Rocket Stove and Performance Evaluation” para la “International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)”. Se fabricó una estufa rocket. La estufa rocket fue diseñada con la ayuda de conocimientos teóricos. El modelo fue construido a partir de chapa y aislamiento. Luego se realizaron tres pruebas de ebullición de agua utilizando la madera como combustible. El arranque en frío de alta potencia, arranque en caliente de alta potencia y hervir a fuego lento se realizaron para cada prueba. Se halló que el tiempo medio de ebullición del agua fue de unos 35 min y 32 min para arranque en frío y arranque en caliente respectivamente. La velocidad de combustión promedio para arranque en frío, arranque en caliente y cocción a fuego lento se encontró que era de 22, 24 y 18 g / min, respectivamente. La eficiencia térmica, durante el arranque en frío fue de 31,64%, durante el arranque en caliente fue de 29,40% y durante la fase de hervir a fuego lento fue de 32,80%.

El consumo específico de combustible para hervir 1 litro de agua, durante el arranque en frío fue de 85 g/litro, durante el arranque en caliente fue de 81 g/litro y durante la fase de hervir a fuego lento fue de 117 g/litro. La concentración de CO en las pruebas no cruzó el límite de tolerancia de 40 mg/hr.

Se concluyó que, la estufa rocket es mucho mejor y más eficiente que las estufas de lodo de la tradicionales. Además que es económicamente asequible y ambientalmente saludable

Flores Zapana, Ruth M. (2015), en su tesis para optar el grado de licenciada en enfermería en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno “Efectividad del uso de cocinas mejoradas en la prevalencia de las infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años, parcialidad de Sihuinta - Puno, 2015”. Se realizó un estudio para determinar la efectividad del uso de cocinas mejoradas en la disminución del predominio de las infecciones respiratorias agudas en

niños menores de 5 años en la parcialidad de Sihuinta, Puno- 2015. Se utilizó las técnicas de revisión documentaria de historias clínicas y la observación del uso de las cocinas mejoradas dentro de las viviendas. Se halló que de cada 100 niños, antes del uso de las cocinas mejoradas, 65 presentaron infecciones respiratorias altas y 35 infecciones respiratorias bajas; después del uso de las cocinas mejoradas 55 presentaron infecciones respiratorias altas, seguido de 45 que no presentan infecciones.

Se concluyó que el uso de cocinas mejoradas es efectivo en la disminución del predominio de infecciones respiratorias agudas en niños menores de cinco años.

Pilco, Verónica (2013), en su tesina de segunda especialización profesional en energía solar en la Universidad Nacional de Ingeniería “Ahorro potencial de leña y disminución de la polución intradomiciliaria y aporte a la conservación de bosques mediante el empleo de cocinas y hornos mejorados validados”. Se construyó y experimentó en un laboratorio prototipos de cocinas y hornos mejorados que utilizan leña como biocombustible. Se realizaron pruebas experimentales en el laboratorio del Centro de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Ingeniería, aplicándose las pruebas del “Reglamento Nacional de Certificación de Cocinas Mejoradas-SENCICO” que comprenden la prueba de hervido de agua y la prueba de contaminación en interiores utilizando el medidor de polución intradomiciliaria. Las pruebas dieron como resultado que el consumo específico de leña en el horno mejorado muestra una reducción de consumo específico de combustible de 43% al cocinar carnes, 57% al cocinar tubérculos y 72% en harinas, mientras que en valores absolutos el horno tradicional tiene un consumo adicional de leña en más del doble para hornear la misma cantidad y tipo de alimentos. A su vez la prueba de concentración promedio de CO y PM2.5 durante los procesos de cocción de alimentos, indicaron que el horno mejorado reduce en promedio de 97% de monóxido de carbono y de 75% hasta 100% de concentración de material particulado, respecto del horno tradicional.

Se concluyó que la cocina mejorada CECADE, reduce en promedio el tiempo de hervido del agua en 7 minutos respecto al fogón de tres piedras, así como también logra reducir el consumo de combustible en 10%, respecto del fogón tradicional.

Schreiner, Nicholas H. (2011) en su informe presentado en el cumplimiento parcial de los requisitos para obtener el grado de maestro de la ciencia en Ingeniería Ambiental en Michigan Technological University “Performance characteristics and design recommendations for biomass-burning stoves using earthen construction materials”. Se realizó un análisis de las características de rendimiento térmico y emisiones de las estufas de biomasa mejoradas construidas con materiales de tierra, también se realizó un análisis de las propiedades térmicas y mecánicas de los materiales de la estufa. Se construyó una estufa cohete de una sola hornilla, siguiendo los procedimientos y criterios de diseño presentados en el Ministerio de Energía y Mineral de Uganda y la publicación de la GTZ “Cómo construir las estufas domésticas mejoradas”. Se usó un termopar tipo K y un registrador de datos, para evaluar el rendimiento térmico de una estufa durante tres fases de operación separadas: arranque en frío, arranque en caliente y cocción a fuego lento. También se colocaron termopares en el cuerpo de la estufa para medir la distribución de la temperatura entre la cámara de combustión y la pared exterior de la estufa.

Se concluyó que los materiales de tierra son de bajo costo y son fáciles de trabajar en áreas donde hay poco incentivo económico para comprar una estufa mejorada, lo cual motiva a los individuos a construir sus propias estufas. Así como también se concluyó que el uso de estufas grandes y pesadas construidas con materiales de tierra no es ideal cuando se aborda el uso de la energía y la calidad en interiores asociados con la combustión de biomasa, en cambio sí es apropiado y sostenible en el contexto del proyecto las estufas mejoradas más pequeñas y más avanzadas construidas con metal y cerámica.

Montoya Mendoza, Luis y Serrano Aguirre, Daniel (2016) en su tesis para optar el grado de ingeniero mecánico en la Escuela superior politécnica del litoral "Diseño, análisis y construcción de una estufa de uso doméstico utilizando como fuente de combustible biomasa sólida". Se realizó el diseño de la estufa usando los criterios de diseño de la estufa gasificadora de arroz sugeridos por el Ph.D. Alexis Belonio, además, para la construcción del prototipo se utilizó acero ASTM-A36 debido a sus características y costo. En las pruebas de campo, para realizar un análisis térmico, se utilizó una termocupla para medir las diferentes temperaturas en la estufa y con ellas poder determinar las pérdidas del sistema.

Se concluyó que no existe una relación directa entre el peso de la biomasa sólida y el tiempo combustión en el reactor.

Scott, Peter (2004), en su reporte en ProBEC "Introduction of Rocket Stove Technologies (Institutional stoves, Household stoves and insulative refractory bricks) Into Mozambique". Indica que en cooperación con el Programa Mundial de Alimentos, ha desarrollado una nueva estufa institucional para Mozambique. La estufa de "MangiMangi" se produjo por primera vez en diciembre de 2003. Se dio el nombre de "MangiMangi" (que significa "rápido" o de inmediato en Shona) por los residentes de la provincia de Manica.

Se concluyó que este tipo de estufa rocket modificada es, eficiente: utiliza un 80% menos de madera que la estufa tradicional de fogón abierto, rápida: hierve 40L de agua en 30min con 2kg de madera, limpia: produce casi ningún humo visible y barata y de muy bajo mantenimiento, ya que su costo es de aproximadamente US \$ 150.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Definición de biomasa

Padilla, Shearly (2009) señala que la Biomasa se define como la energía almacenada en las plantas y animales, por lo que se encuentra en fuentes naturales, siendo su principal característica ser inagotable, ya que cumple

con ciclos de recirculación y aprovechamiento. Este ciclo puede apreciarse en las plantas al momento de realizar la fotosíntesis utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Posteriormente, los animales integran y transforman esas sustancias al alimentarse de vegetales, siendo el material producto de esta transformación residuos de carácter energético.

Frecuentemente la biomasa libera su energía en la forma de calor, así mismo cuando el carbón se oxida nuevamente a dióxido de carbono para restituir el que fue absorbido durante el crecimiento de la planta. La biomasa puede ser utilizada de forma directa, por ejemplo, la combustión de la madera cuando se usa para cocinar los alimentos o para la calefacción, y de forma indirecta, cuando se convierte en un combustible líquido como el etanol.

1.3.2 Tipos de biomosas

a. Biomasa Natural

Este tipo de biomasa no requiere la intervención humana para ser producida, siendo el 40% de esta, producida en los océanos, y el resto en los espacios silvestres (ecosistemas). No se debe explotar estos recursos sobrepasando la tasa de renovación del ecosistema, ya que éste se vería considerablemente afectado (Padilla, S. 2009).

b. Biomasa Residual

Son los desechos generados por las actividades de agricultura, ganadería y las forestales. Estos residuos se dividen en dos clases: Seca y Húmeda. La biomasa residual seca, son los productos de las actividades que no se compone de agua en su materia orgánica. La biomasa residual húmeda, tiene la principal propiedad de ser biodegradable, por ejemplo, las aguas residuales y los residuos ganaderos (Padilla, S. 2009).

1.3.3 Importancia de la biomasa como fuente de energía

A) A nivel mundial

San Miguel (2015) tomando como base datos estadísticos de 2011 de la Agencia Internacional de Energía (IEA Statistics Renewables Information 2013), señala que del total de la energía que se consume en el mundo, estimada en algo más de 13.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), la biomasa supuso el 9,7 % (1.275,08 Mtep) que representa el 74,9 % del consumo mundial de energías renovables (Tabla 1), pero el reparto es muy desigual entre los países industrializados y los que están en vías de desarrollo.

Tabla N° 1: Distribución del consumo de energía en 2011 a nivel mundial, estimado en 13.107,3 Mtep.

TIPO DE ENERGÍA	Distribución en el mundo (%)
Petróleo	31,5
Gas natural	21,3
Carbón	28,8
Nuclear	5,1
Renovables	13,0
% sobre el total de las renovables	
Biomasa	74,9
Hidráulica	17,6
Eólica	2,2
Solar y geotermia	5,3

Fuente: Elaborado a partir de datos de IEA Statistics Renewables Information 2013.

Tabla N° 2: Distribución del consumo mundial de biomasa (1.619,6 Mtep) en los principales bloques de países.

GRUPO DE PAÍSES	Energía total Mtep	Bioenergía	
		Mtep	% sobre el total
Asia (sin China)	1.593,9	358,84	28,14
China	2.742,6	212,17	16,64
África	698,2	335,23	26,29
Países de la OCDE	5.304,8	239,34	18,77
América no OCDE	587,3	112,45	8,82
Eurasia y Europa no OCDE	1.175,9	16,42	1,29
Oriente Medio	644,1	0,64	0,05
Reservas en bunkers	360,5	0,00	0,00
Mundo Global	13.107,3	1.275,08	100,00

Fuente: Elaborado a partir de datos de IEA Statistics Renewables Information 2013.

B) En la Unión Europea

Según datos de Eurostat, para los países de la UE-27 el consumo de biomasa en 2010 se repartió entre usos térmicos (72,4 %), producción de electricidad (11,4%) y como biocarburantes para transporte (16,2 %). La principal fuente de biomasa para fines térmicos fue de origen forestal.

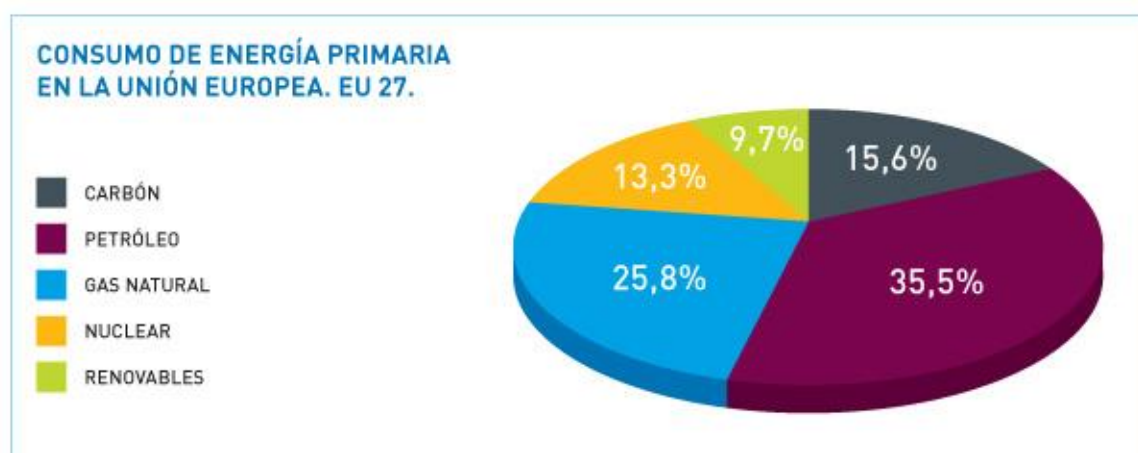


Figura 1: Distribución del consumo global de energía primaria en la UE-27 durante 2010, estimado en 1.745,6 Metp

Fuente: https://www.sedigas.es/informeanual/2010/1.3_ConsumoEnergia.htm

1.3.4 Cáscara de coco

El cocotero (cocos nucifera), es la palmera más importante de todas, ya que todos sus componentes como: El fruto, hojas y madera, son utilizados a nivel mundial por las personas (principalmente en las zonas rurales) como fuente de alimento, combustible y fabricación de viviendas. El fruto del cocotero, el coco, varía su color, forma y tamaño dependiendo de su variedad, además es la nuez más importante del mundo. El coco tiene forma ovoide, variando su peso entre 1 y 1.5 Kg, además presenta las siguientes partes:

A) El Fruto:

1. Una piel lisa y cérea.
2. Un endocarpio o cáscara muy dura.
3. Un mesocarpio fibroso castaño.

B) La Semilla:

1. Posee un espesor de 1 a 2 cm, además un albumen brillante y blanquecino del cual se extrae el aceite de coco.
2. Un tegumento seminal, fina película castaño rojiza adherida fuertemente a la cáscara.
3. Un embrión derecho, alojado en el albumen bajo como de los tres poros germinativos de la nuez.

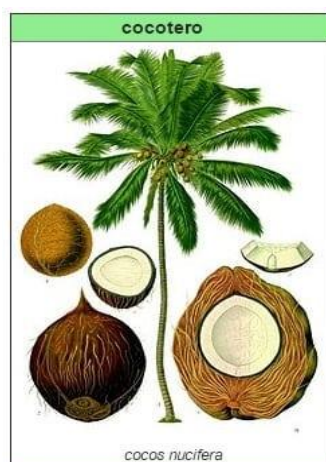


Figura 2: Palmera de coco

Fuente: <http://arbolesfrutales.org/>

C) Uso integral del Cocotero:

1. Madera de tronco:

- Construcciones de viviendas u otras estructuras.
- Rollizos.
- Postes de energía eléctrica.
- Telégrafos.
- Abono.
- Pasta y papel.
- Cultivo de setas comestibles.
- Carbón vegetal.
- Leña.

D) Usos de los Cascos:

Se usan principalmente como combustible, para la producción de copra, así como también para la obtención de calor para el deshidratado de la nuez de coco. El carbón vegetal es el producto derivado más importante que se obtiene, este luego será usado como combustible de alto valor calorífico (7 500 – 7 600 cal/g) y además sirve de materia prima para la obtención de carbón activado. Para poder obtener carbón vegetal, los cascosh del coco se queman con una cantidad regulada de aire, evitando así, llegar hasta la carbonización, como ocurre cuando se procesa copra (Flores, W. 2001).

1.3.5 Hueso de aceituna

La aceituna presenta una composición de 85% de pulpa y un 15% de hueso. Las industrias de aderezo de aceituna de mesa, aproximadamente deshuesas el 80% de la aceituna que procesan, para así poder comercializar la aceituna sin hueso. Este hueso con el “tapín”, porción discoidal que es preciso eliminar del cuerpo de la aceituna para definir una embocadura que permita la salida del hueso, se vende a extractoras para extraer el aceite que contiene el “tapín” y entra en la cadena del orujo.

Para la obtención de aceite de oliva, se deshuesa el 70% del orujo tras la molturación, a través de un proceso de separación pulpa-hueso, bien en la almazara o bien en la extractora. En promedio, se logra obtener una cantidad aproximada de 0,084 T de hueso triturado por tonelada de aceituna procesada. Según los datos de la FAO de producción anual mundial de aceituna en el año 2011 (FAO, 2013), 19.613.377 T, esto supondría una generación anual aproximada de 1.627.910 T de hueso.

El hueso de aceituna es un biocombustible que posee características excelentes, tales como, humedad media del 13%, elevada densidad, granulometría muy uniforme y poder calorífico de 4.450 kcal/kg en base seca. Este biocombustible es usado con fines térmicos en el sector doméstico e industrial, debido a que emite baja cantidad de partículas en su combustión y es de fácil manejo. Tradicionalmente se ha utilizado en calderas de industrias del olivar, tanto almazaras como extractoras, así como en otros sectores como el cerámico o en granjas. Actualmente se utiliza en el sector doméstico y residencial, con fines de calefacción y suministro de agua caliente. Se está empezando a comercializar este biocombustible en sacos de 15 kg, a un precio considerablemente menor a comparación de otros biocombustibles, como el pellet de madera, siendo óptimo para el uso doméstico (Vargas, M. 2014).

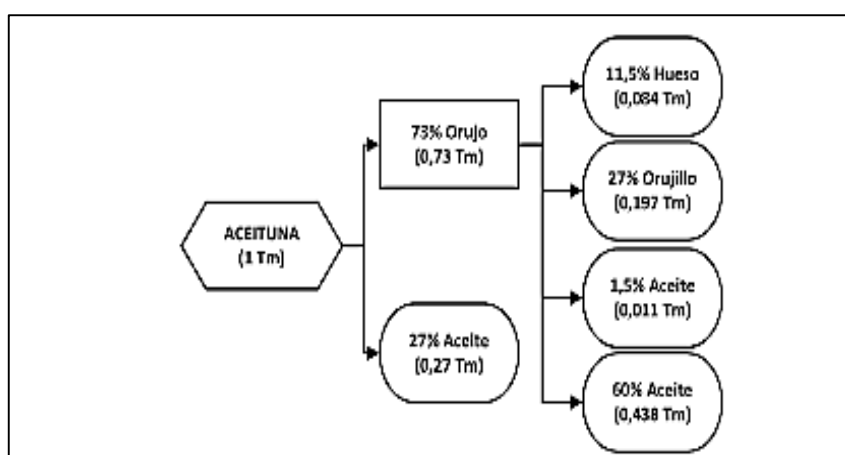


Figura 3: El balance de masas del proceso de la industria del aceite.

Fuente: Vargas (2014).



Figura 4: Hueso de aceituna triturados y envasados.

Fuente: De la Cruz Béjar (2014).

1.3.6. Estufas mejoradas

A) Definición de estufas mejoradas

Tay (2007) Señala que una estufa mejorada es el dispositivo para cocinar alimentos, el cual aprovecha de forma eficiente el biocombustible, principalmente leña. Su diseño permite trasladar los gases de combustión al exterior de la cocina luego de aprovechar al máximo su calor.

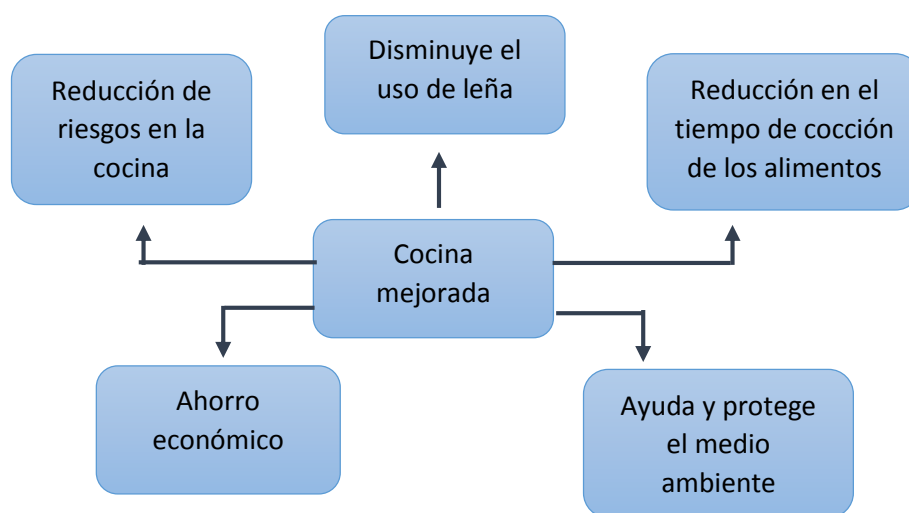


Figura 5: Beneficios del uso de estufas mejoradas.

B) Tipos de materiales para su fabricación

Tay (2007) señala que las estufas han sido fabricadas de diferentes materiales, tales como el barro crudo, ladrillos, láminas metálicas, entre otros.

Los materiales que se usan en su fabricación, dependen del modelo, tamaño y las funciones que se deseaba que realizaran en las viviendas. En algunos casos depende de los materiales que se lograban encontrar en el lugar.

1.3.7 Tipos de estufas mejoradas

A) Estufa Lorena

Este tipo de estufa mejorada es ideal para una familia pequeña, por su bajo costo, sin embargo su principal desventaja es que los comales se quiebran. Su base es de adobe y se usa una mezcla de lodo con arena para hacer la caja de fuego. Los agujeros de las hornillas son escarbados para darle su forma. Se coloca un comal de barro encima de la hornilla grande (Cuz, Víctor 2012).



Figura 6: Estufa Lorena

Fuente: Cuz, Víctor (2012).

B) Estufa Ecotec

Este modelo de estufa, una vez instalada tiene la misma apariencia que la estufa LORENA y su funcionamiento es casi el mismo. Sin embargo lo que las diferencia es que su interior está hecho de piezas de cerámica. Además su principal ventaja es que se calienta de forma uniforme por dentro. Por otro lado sus desventajas es que su tiempo de duración no es muy extenso (dura unos 5 años) y hay que comprar las piezas de cerámica (Cuz, Víctor 2012).

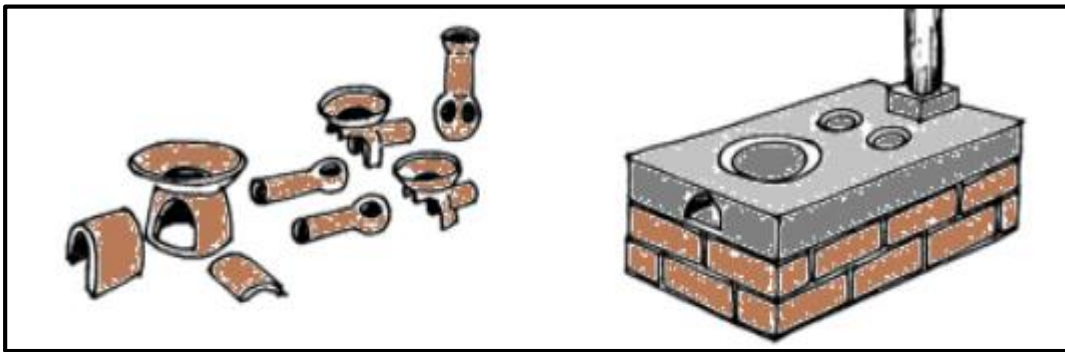


Figura 7: Estufa Ecotec.

Fuente: Cuz, Víctor (2012).

C) Estufa Chefina

Este tipo de cocina, está fabricada de ladrillos en su totalidad, a excepción de la base y sus túmulos donde van las hornillas para sentar las ollas o el comal, siendo fabricados de metal. La chimenea es construida de ladrillos, cemento o lámina y posee en su base una compuerta para sacar las cenizas. Su principal ventaja es que permite un alto ahorro de leña, sin embargo su desventaja, es que el costo de su fabricación es mayor que el de la estufa LORENA (Cuz, Víctor 2012).

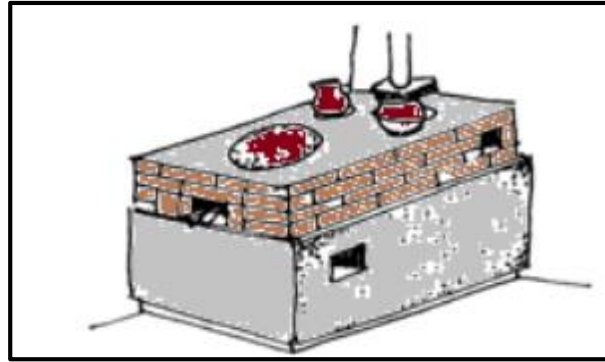


Figura 8: Estufa Chefina.

Fuente: Cuz, Víctor (2012).

D) Estufa Mejorada Tezulutlán

La Estufa Mejorada Tezulutlán está conformada por una plancha grande con agujeros, sentada sobre una caja de fuego de ladrillos. La base está fabricada de adobe y la chimenea es de tubos de cerámica. Está construida de materiales locales, a excepción que se deben comprar los tubos de la chimenea y la plancha de metal. Sus características son que permite un elevado ahorro de leña, la plancha sirve como comal y su calentamiento es muy bueno, lo que permite echar muchas tortillas a la vez. La principal desventaja es que para su construcción se requiere de una inversión (Cuz, Víctor 2012).

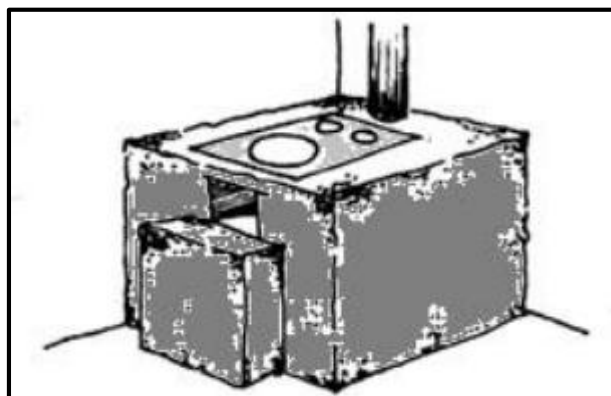


Figura 9: Estufa Tezulutlán

Fuente: Cuz, Víctor (2012).

E) Estufa tipo plancha

Este tipo de estufa es muy robusta, permite un alto ahorro de leña, es de fácil operación. Está compuesta por una plancha armada de 3 hornillas, juego de tubos de 3 unidades de lámina galvanizada, sombrero de lámina, regulador de calor, la base se puede construir de adobe o block vacío. Sus principales desventajas que posee, es que requiere de una inversión inicial muy fuerte y personal capacitado para su construcción ya que contiene especificaciones técnicas. Los beneficiarios en la Universidad de San Carlos de Guatemala prefieren este tipo de estufa a todas las demás estufas ya que son de fácil manejo, por su estructura, su durabilidad ya que puede durar de 10 a más y por sus dimensiones ya que también la utilizan como mesa para consumir los alimentos (Cuz, Víctor 2012).

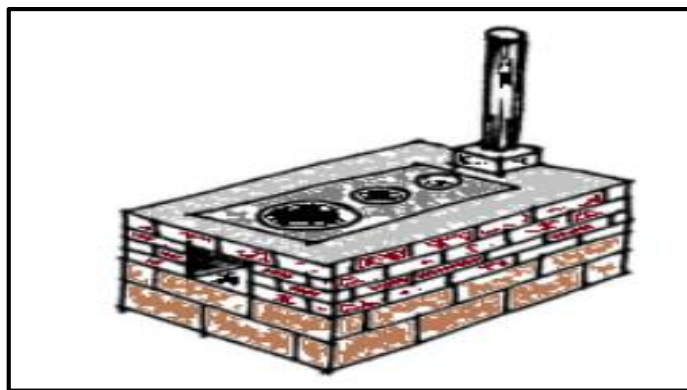


Figura 10: Estufa tipo plancha.

Fuente: Cuz, Víctor (2012).

F) Estufa Onil

El diseño de este tipo de estufa tiene dos hornillas, además es una excelente ahorradora de leña. Su estructura está hecha con cemento y arena, es de fácil uso y su calentamiento es excelente. Además es fácil de dar mantenimiento, transportar e instalar. Su principal ventaja es que se puede construir en tan solo 1 hora, Sin embargo su desventaja es que tiene poca durabilidad, ya que en las zonas rurales, su mantenimiento no siempre es adecuado (Cuz, Víctor 2012).



Figura 11: Estufa Onil

Fuente: Cuz, Víctor (2012).

1.3.8 Estufa rocket

A) Definición.

Es un tipo de estufa mejorada conocida también como estufa rocket. Este tipo de estufa aprovecha de forma eficiente la leña, lo cual asegura una combustión completa y maximiza el uso del calor. Asimismo reduce la cantidad de leña comparado con un calentador convencional y permite reducir la emisión de gases nocivos. Lo característico de su diseño, es que ha incorporado una cámara de combustión simple a alta temperatura que contiene una chimenea vertical aislada, esto asegura una combustión efectiva al 100%. Sus principios fueron descritos por el Dr. Larry Winiarski del centro de investigación Aprovecho en 1982.

El diseño de la estufa permite reducir las emisiones casi a cero y además utiliza poca leña, lo cual provoca un impacto directo en el cuidado de los bosques (Evans, I. y Jackson, L. 2006).

B) Principales componente de una estufa rocket.

1. Alimentador de combustible:

Es la fuente de alimentación de la cámara de combustión. En esta parte de la estufa se coloca el biocombustible en forma sólida. Su estructura puede ser de dos formas: Horizontal, donde el biocombustible será agregado manualmente, o vertical, en la cual se alimentará a la cámara de combustión de forma automática, por efecto de la gravedad.

2. Cámara de combustión:

Es donde se quema la madera o biomasa. Y se encuentra ubicada al final del alimentador de combustible.

3. Chimenea vertical:

Provee la corriente ascendente de aire necesaria para mantener la combustión.

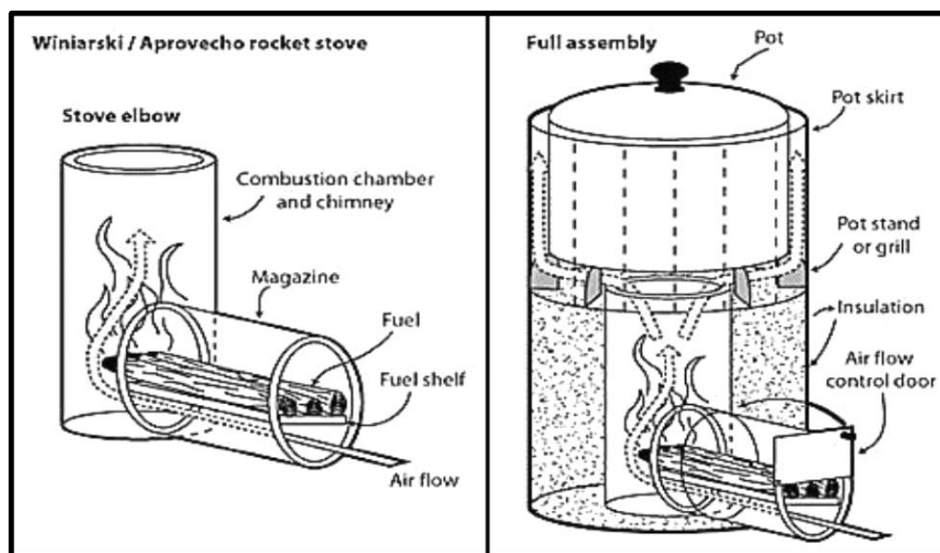


Figura 12: Partes de una estufa rocket.

Fuente: Dr. Larry Winiarsky (1982).

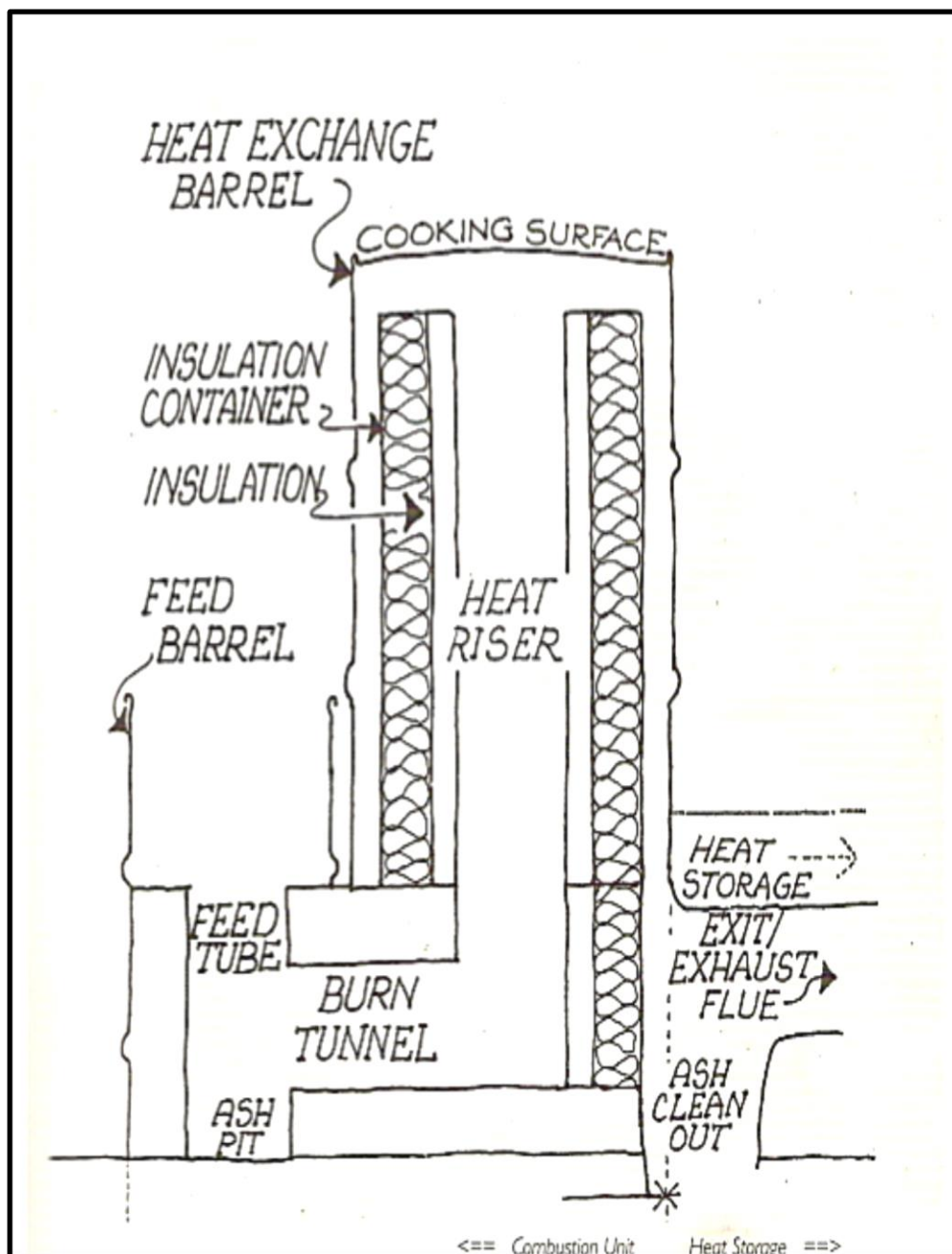


Figura 13: Corte transversal de la cámara de combustión de estufa rocket.

Fuente: Evans & Jackson (2007).

C) Descripción de partes y funcionamiento.

Di Ruscio (2015) señala que para una estufa rocket de doble hornilla, sus partes y funcionamiento es el siguiente:



Figura 14: Estufa rocket de doble hornilla.

Fuente: Di Ruscio, Nicolás (2015).

El tubo inclinado es la cámara de carga de biomasa: leña, ramitas, astillas de madera, restos de poda, pellets, briquetas, cartones, etc. Tiene una tapa para evitar el ingreso de aire por aquí, ya que el aire debe ingresar solo por la entrada inferior para optimizar el funcionamiento del sistema.



Figura 15: Cámara de carga de biomasa.

Fuente: Di Ruscio, Nicolás (2015).

El tubo horizontal es la entrada de aire de combustión, abriendo o cerrando su puerta, se regula la intensidad de la llama.



Figura 16: Entrada de aire de combustión.

Fuente: Di Ruscio, Nicolás (2015).

Aquí podemos observar el fuego en la cámara de combustión a través de la puerta donde se carga la leña. A pesar que este tubo está inclinado hacia arriba, al contrario de lo que se esperaría el humo o gases de la combustión no se escapan por aquí, sino que “entra aire”. Esta es una característica que la hace más segura.



Figura 17: Cámara de combustión.

Fuente: Di Ruscio, Nicolás (2015).

Finalmente se muestra la llama que alcanza la plataforma de cocción en el diseño de 2 hornillas:



Figura 18: Estufa rocket de 2 hornillas.

Fuente: Di Ruscio, Nicolás (2015).

1.3.9 Aislamiento para alta temperatura

El aislante para altas temperaturas, se caracteriza porque usa burbujas de aire atrapadas en su interior para frenar el flujo del calor; cabe resaltar que mientras mayor sea el número de burbujas de aire contenga un material, mayor es su capacidad de aislación. Se recomienda que el aislante a usar debería ser lo más liviano posible. Los principales tipos de materiales aislante utilizados para aislar cámaras de combustión, son la vermiculita y la perlita, en una mezcla con un mínimo de barbotina (arcilla disuelta en agua), la arena volcánica o pómez, y la arcilla, este material ayuda a ligar las partículas livianas e impide que el material mineral se asiente (Lorenzo, Paola 2014).



Figura 19: Vermiculita como aislante

Fuente: Lorenzo, Paola (2014).

1.3.10 Carbón activado

A) Definición

El carbón activado se caracteriza por tener una alta capacidad adsorbente, así como también por ser un material micro cristalino, carbonoso, y no grafitico. Este tipo de material se prepara por medio de la carbonización de materiales orgánicos, especialmente de origen vegetal, los cuales han sido sometidos a un proceso de activación, ya sea por medio de gases oxidantes, o bien sometidos a un tratamiento con adición de productos químicos, con la finalidad de aumentar su porosidad y desarrollar su superficie interna (Martínez 2012).

B) Obtención del carbón activado

Para la obtención de carbones activados se utilizan diferentes materiales orgánicos ricos en carbono, llamados precursores, tales como, residuos de la agricultura, maderas o restos de podas, huesos de oliva, de dátil o melocotón, e incluso cáscara de alguna fruta, principalmente la cáscara de coco, sin embargo también es muy utilizada la cáscara de frutos secos como la nuez, pistacho, almendra, avellana o cacahuete (Martínez 2012).

C) Métodos de activación del carbón

Luna, Donaciano (2007) señala que los métodos de activación del carbón son dos, la activación física o también llamada activación térmica y la activación química.

1. Activación física:

En este tipo de método, los materiales carbonizados son sometidos a altas temperaturas, asimismo son expuestos a una atmósfera oxidante, como el dióxido de carbono, vapor de agua, o una mezcla de ambos. Con esto se

logra aumentar el volumen de poros, aumentando su capacidad adsorbente. El carbón obtenido mediante este método se denomina carbón primario.

2. Activación química:

La materia carbonizada es impregnada con un agente químico, tales como el ácido fosfórico o cloruro de zinc. Este material se calienta en un horno a una temperatura entre 500-700°C. El carbón resultante es denominado carbón secundario, además tiene que ser lavado para eliminar los restos del agente químico utilizado.

D) Aplicaciones del carbón activado

El carbón activado es un material adsorbente muy confiable. Tiene una gran cantidad de aplicaciones en las industrias alimenticias, química, y farmacéutica.

1. Industria química:

Purificación del aire, recuperación de disolventes, desulfuración de gases industriales, mascarillas de gas, tratamiento de aguas y catálisis, etc.

2. Industria farmacéutica:

Para la purificación de vitaminas, antibióticos y otros productos, tratamientos contra intoxicaciones, vehículo excipiente en fármacos. Como adsorbente de uso general.

3. Industria alimenticia:

Para tratamiento de aguas, decoloración de alimentos, tratamiento de bebidas alcohólicas, desodorización de alimentos, entre otros (Martínez 2012).

E) Carbón activado a partir de la cáscara de coco

Usando la cáscara de coco, se puede obtener diferentes tipos de carbones activados, de los cuales sus aplicaciones varían dependiendo del método de activación. Por ejemplo, si es activado por medio del método de activación física, se somete la cáscara de coco a una elevada temperatura de aproximadamente 800°C, en presencia de vapor de agua, obteniéndose así un carbón hidrofílico (afinidad con el agua) y microporoso (adecuado para aplicaciones de separación de gases). En cambio, si es activado a una temperatura menor (450°C) usando un agente químico, como cloruro de zinc o ácido fosfórico, se obtiene un carbón hidrofílico de poros más anchos. El carbón obtenido a partir de la cáscara de coco, es mucho más duro y resistente que el obtenido a partir de la madera, además que su porcentaje de cenizas es menor (Manual del carbón activo 2002).

1.3.11 Diseño de estufa rocket

A) Cálculos

Velocidad de combustión:

Es la cantidad de gramos de combustible que se quema en el intervalo de tiempo que dura la fase, que corresponde a la ebullición, que se expresa como (g/minutos).

$$V_{\text{comb}} = \frac{fd}{teb} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- Vcom: Velocidad de combustión (g/minutos).
fd: Cantidad de biomasa (gramos).
teb: Tiempo de ebullición del agua (tiempo que dura la fase, minutos).

Consumo específico de combustible (biomasa):

Se expresa como la cantidad de biomasa convertida en energía, para producir un litro de agua hervida (agua remanente en la olla).

$$CE = \frac{fd}{(m_{\text{agua}})} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

CE: Consumo específico de combustible.

fd: Cantidad de biomasa (Kg).

m_{agua} f: Masa de agua al final de la fase (agua remanente en la olla, Kg).

Eficiencia térmica:

Es la cantidad de energía ganada por el agua con respecto a la cantidad de energía entregada por el combustible, la eficiencia térmica se calcula para las 02 primeras fases de la PEA, expresada en %.

$$n = \left(\frac{m_{\text{agua}} * C_{p_{\text{agua}}} * (T_{\text{eb}} - T_i) + m_{\text{vapor}} * \lambda}{fd * PCI} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

n: Eficiencia térmica (%).

m_{agua} : Masa de agua (Kg).

$C_{p_{\text{agua}}}$: Capacidad calorífica del agua (KJ/kg-°C).

T_{eb} : Temperatura de ebullición local del agua (°C).

Ti:	Temperatura inicial del agua (°C).
m _{vapor} :	Masa de vapor producido en la fase (Kg).
fd:	Cantidad de biomasa (Kg).
λ:	Calor latente de vaporización (KJ/kg).
PCI:	Poder calorífico inferior del combustible (KJ/kg).

Potencia promedio:

Se define como la cantidad de energía ganada por el agua en un intervalo de tiempo correspondiente a la ebullición, la potencia promedio se calcula en las 02 primeras fases de la PEA, la potencia promedio esta expresada en Kw.

$$P = \frac{m_{\text{agua f}} * C_{p\text{ agua}} (T_{\text{eb}} - T_i) + m_{\text{vapor}} * \lambda}{t_{\text{eb}}} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

n:	Eficiencia térmica del equipo (%).
P:	Potencia promedio (Kw).
V _{comb} :	Velocidad de combustión (g/min).
CE:	Consumo específico de combustible (g/L).
C _{p agua} :	Capacidad calorífica del agua (KJ/kg-°C).
T _{eb} :	Temperatura de ebullición local del agua (°C).
T _i :	Temperatura inicial del agua (°C).
m _{agua i} :	Masa de agua al inicio de la fase (Kg).
m _{agua f} :	Masa de agua al final de la fase (agua remanente en la olla, Kg).
m _{vapor} :	Masa de vapor producido en la fase (Kg).
λ:	Calor latente de vaporización (KJ/kg).
PCI:	Poder calorífico inferior del combustible (KJ/kg).
t _{eb} :	Tiempo de ebullición del agua (minutos).

Eficiencia de la combustión:

Se define como la relación de calor entregado al equipo entre el calor que se produciría el combustible en su combustión completa, es un indicador de la eficiencia de la cámara de combustión.

$$n_{\text{comb}} = \frac{Q_{\text{biomasa}} - Q_{\text{carbon}}}{Q_{\text{biomasa}}} * 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

n_{comb} : Eficiencia de la combustión (%).

Q_{biomasa} : Energía producida por la combustión de la biomasa (Kw).

$Q_{\text{carbón}}$: Energía perdida en los residuos del carbón (Kw).

Cálculo del ancho de la parrilla metálica:

La altura de la parrilla metálica con respecto al piso de la cámara de combustión, se optó por tomar la cuarta parte del diámetro de la cámara de combustión ($D_{cc}/4$), en vista que a medida que se eleva la altura de la parrilla metálica, disminuye la capacidad de dotación del combustible (se coloca menos leña), pero al contrario, si esta altura fuese corta, las cenizas presentarían un obstáculo para el ingreso del aire primario, y la parrilla metálica no estaría cumpliendo su propósito, que es de dotar de aire primario.

Balance de energía:

Con el balance de energía se calcula las pérdidas de calor en el cuerpo de la cocina mejorada (Q_{pc}), eficiencia térmica teórica (n_t), con la distribución de calores los demás componentes de la cocina mejorada.

Por efecto del balance de energía, se considera igual que al balance de masa, como un proceso discontinuo de lotes, tomando en cuenta valores experimentales de la

evaluación de la cocina mejorada. El resultado del balance de energía, se expresa matemáticamente la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{biomasa}} = Q_{\text{hum}} + Q_{\text{olla}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{carbón}} + Q_p + Q_{\text{chim}} + Q_{\text{pc}} \dots \dots (6)$$

Dónde:

Q_{biomasa} : Energía producida por la combustión de la biomasa (Kw).

Q_{hum} : Energía perdida por la humedad de la biomasa (Kw).

Q_{olla} : Energía almacenada por la olla de aluminio (Kw).

Q_{agua} : Energía ganada por el agua (Kw).

$Q_{\text{carbón}}$: Energía perdida en los residuos del carbón (Kw).

Q_{parr} : Energía perdida en la parrilla metálica (Kw).

Q_{chim} : Energía perdida en la chimenea (Kw).

Q_{pc} : Energía perdida en el cuerpo de la cocina mejorada (Kw).

Energía producida por la combustión de la biomasa:

$$Q_{\text{biomasa}} = \frac{f m * P C I}{t e b} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

$f m$: Masa de la biomasa en la fase (Kg).

$P C I$: Poder calorífico inferior del combustible (kJ/kg).

$t e b$: Tiempo de ebullición del agua (tiempo que dura la fase ,minutos).

Energía perdida por la humedad de la biomasa:

$$Q_{\text{hum}} = \frac{1.12 * f m + P C S}{t e b} \dots \dots \dots (8)$$

Dónde:

- fm: Cantidad de la biomasa en la fase (Kg).
 PCS: Poder calorífico superior del combustible (kJ/kg).
 teb: Tiempo de ebullición del agua (tiempo que dura la fase, minutos).

Energía almacenada por la olla de aluminio:

$$Q_{\text{olla}} = \frac{m_{\text{olla}} * C_{p\text{olla}} * (T_{\text{olla}} - T_{\text{amb}})}{t_{\text{eb}}} \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

- m_{olla}: Masa de la olla (Kg).
 C_{polla}: Capacidad calorífica de la olla (J/kg*°C).
 T_{olla}: Temperatura de la olla (°C).
 T_{amb}: Temperatura ambiental, (°C).
 t_{eb}: Tiempo de ebullición del agua (min).

Energía ganada por el agua:

$$Q_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{agua f}} * C_{p\text{agua}} * (T_{\text{eb}} - T_i) + m_{\text{vapor}} * \lambda}{t_{\text{eb}}} \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

- m_{agua f}: Masa de agua al final de la prueba (Kg).
 m_{vapor}: Masa de vapor (Kg).
 λ: Calor latente de vaporización (kJ/kg).
 C_{p agua}: Capacidad calorífica del agua (kJ/kg*°C).

Teb: Temperatura de ebullición del agua (°C).
 T_i: Temperatura inicial del agua (°C).
 t_{eb}: Tiempo de ebullición del agua (minutos).

Energía perdida en los residuos del carbón:

$$Q_{\text{carbón}} = \frac{\Delta C * 1.5 * PCI}{t_{eb} * 60} \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

ΔC: Masa de carbón producido durante la fase (Kg).
 t_{eb}: Tiempo de ebullición del agua (minutos).
 PCI: Poder calorífico inferior del combustible (kJ/kg).

Energía perdida por la parrilla metálica:

$$Q_{\text{parr}} = \frac{m_p * C_{pn} * (T_{cc} - T_{amb})}{t_{eb}} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

m_p: Masa de la parrilla metálica (Kg).
 T_{c.c.}: Temperatura promedio dentro de la cámara de combustión (°C).
 T_{amb}: Temperatura ambiental (°C).
 C_{pp}: Capacidad calorífica del acero (J/kg-K).
 t_{eb}: Tiempo de ebullición del agua (minutos).

Energía perdida por la chimenea:

$$Q_{chim} = \frac{m_{chim} * C_{p, chim} * \Delta T_{chim}}{t_{eb}} \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

m_{chim} : Masa de los gases en la chimenea (Kg).

$C_{p, chim}$: Capacidad calorífica de los gases de la chimenea (kJ/kg-°C).

ΔT_{chim} : Temperatura media de los gases de la chimenea (°C).

t_{eb} : Tiempo de ebullición del agua (minutos).

Cálculo del área de la cámara de combustión:

$$A_{c.c} = \pi * r^2 \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

$A_{c.c}$: Área de la cámara de combustión (cm²).

π : Número pi (3.1416).

r : Radio (centímetros).

Cálculo del perímetro de la cámara de combustión:

$$P_{c.c} = 2 * \pi * r \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

$P_{c.c}$: Perímetro de la cámara de combustión (centímetros).

π : Número pi (3.14.16).

r : Radio (centímetros).

1.4 Formulación del problema

¿Cuáles serán las características del diseño de una estufa rocket para poder maximizar la temperatura en la cámara de combustión si se utiliza cáscara de coco y hueso de aceituna como biocombustibles para la sintetización de carbón activado y así poder reducir los olores en la empresa A Y D Pioneer S.A.C.?

1.5 Justificación del estudio

Económica

El presente proyecto producirá un ahorro económico para la empresa A Y D Pioneer S.A.C, ya que se utilizará, en lugar de la Cal, carbones activados fabricados por biocombustibles de bajo costo como son la cáscara de coco y el hueso de aceituna.

Ambiental

El uso de este tipo de cocinas, reduce de forma muy significativa (no por completo) la emisión de gases contaminantes como el CO₂, además disminuye el uso de leña, ayudando a evitar la deforestación excesiva de los bosques.

Social

El proyecto mejorará el nivel de comodidad de los trabajadores de la empresa A Y D Pioneer S.A.C. al momento de realizar sus labores, ya que se reducirán los malos olores presentes en la empresa, por medio del uso de carbones activados.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Diseñar una Estufa Rocket para sintetización de carbón activado a partir de la cáscara de coco, usando el biocombustible hueso de aceituna para reducir los olores en la empresa A Y D Pioneer S.A.C.

1.6.2 Objetivos específicos

- 1) Identificar las necesidades de la empresa.
- 2) Obtener los códigos, normas o recomendaciones para el diseño de una Estufa Rocket.
- 3) Expresar las necesidades en términos de ingeniería.
- 4) Generar 4 conceptos alternativos de diseño capaces de solucionar el problema.
- 5) Seleccionar la alternativa óptima mediante una matriz de selección.
- 6) Diseñar la configuración de la estufa y filtrarla mediante un matriz de selección.
- 7) Seleccionar los materiales necesarios para la construcción de la Estufa Rocket.
- 8) Dimensionar las partes de la Estufa Rocket.
- 9) Diseñar paramétricamente la cámara de combustión de la Estufa Rocket.
- 10) Seleccionar componentes para la fabricación de la Estufa Rocket.
- 11) Elaborar planos para la construcción de la Estufa Rocket.
- 12) Realizar simulaciones en el programa ANSYS FLUENT de la máquina para la obtención de resultados.
- 13) Realizar análisis económico (ROI, VAN, TIR).

Capítulo II

MÉTODO

II. Metodología

2.1 Diseño de investigación

Los pasos realizados durante la investigación, en base a los objetivos específicos, para poder lograr el objetivo general, se ven reflejados en el siguiente diagrama de flujo:

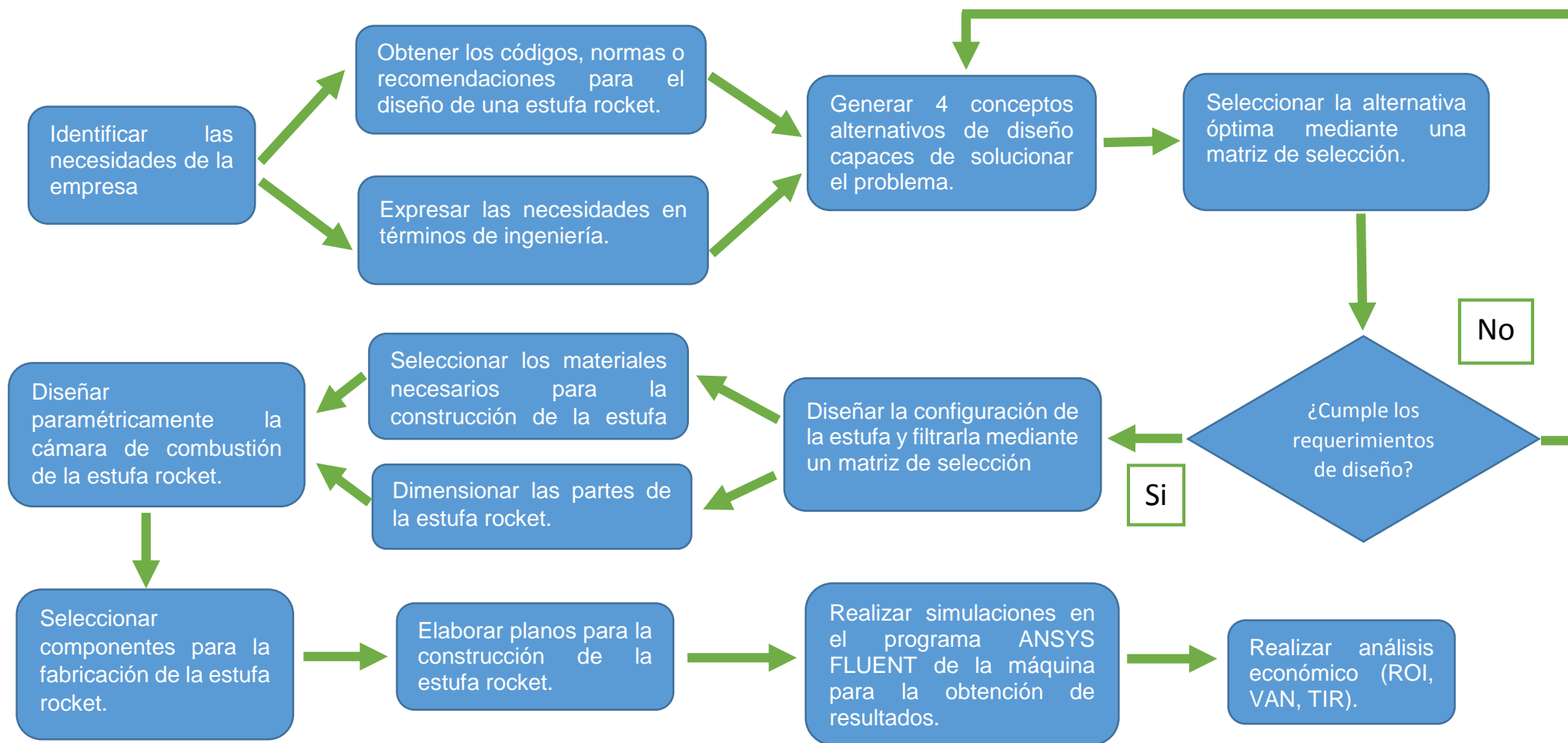


Figura N° 20: Diagrama de flujo

2.2 Variables, operacionalización

Dado que el presente proyecto contempla un diseño formal, este debe ser conmensurado a una metodología de diseño acorde. Por lo cual se dispondrá de un esquema de variables adaptado de la literatura de diseño aprobada mundialmente (Eggert, 2010, Dieter y Schmidt, 2000). En esta literatura, se propone 4 tipos de variable: Variables de Diseño, Variables de Solución, Parámetros de Definición de Problema y Variables Intervinientes.

En la sección “1.3.8 Estufa rocket” se mencionó que las principales componentes de la estufa rocket son: Tambor de carga, Cámara de combustión y Chimenea Vertical. En nuestro caso, la cámara de combustión será sometida al diseño paramétrico debido a que se busca aumentar la máxima temperatura que esta puede alcanzar, y así poder sintetizar carbón activado usando biocombustibles de bajo costo. El resto de componentes faltantes pueden ser seleccionados de acuerdo al modelo de la estufa.

PARÁMETROS DE DEFINICION DEL PROBLEMA

- Geometría de la estructura (Adim).
- Producción de carbón activado (Kg/día).
- Poder calorífico del Hueso de aceituna (KJ/Kg).

VARIABLES DE DISEÑO

- Altura de chimenea (m).
- Área del ducto de entrada de aire (m²).
- Flujo másico de combustible (Kg/s).

VARIABLES INTERVINIENTES

- Temperatura del ambiente (°C).
- Presión Atmosférica (bar).

VARIABLES DE SOLUCIÓN

- Temperatura en la cámara de combustión (°C).
- Exceso de aire (%).

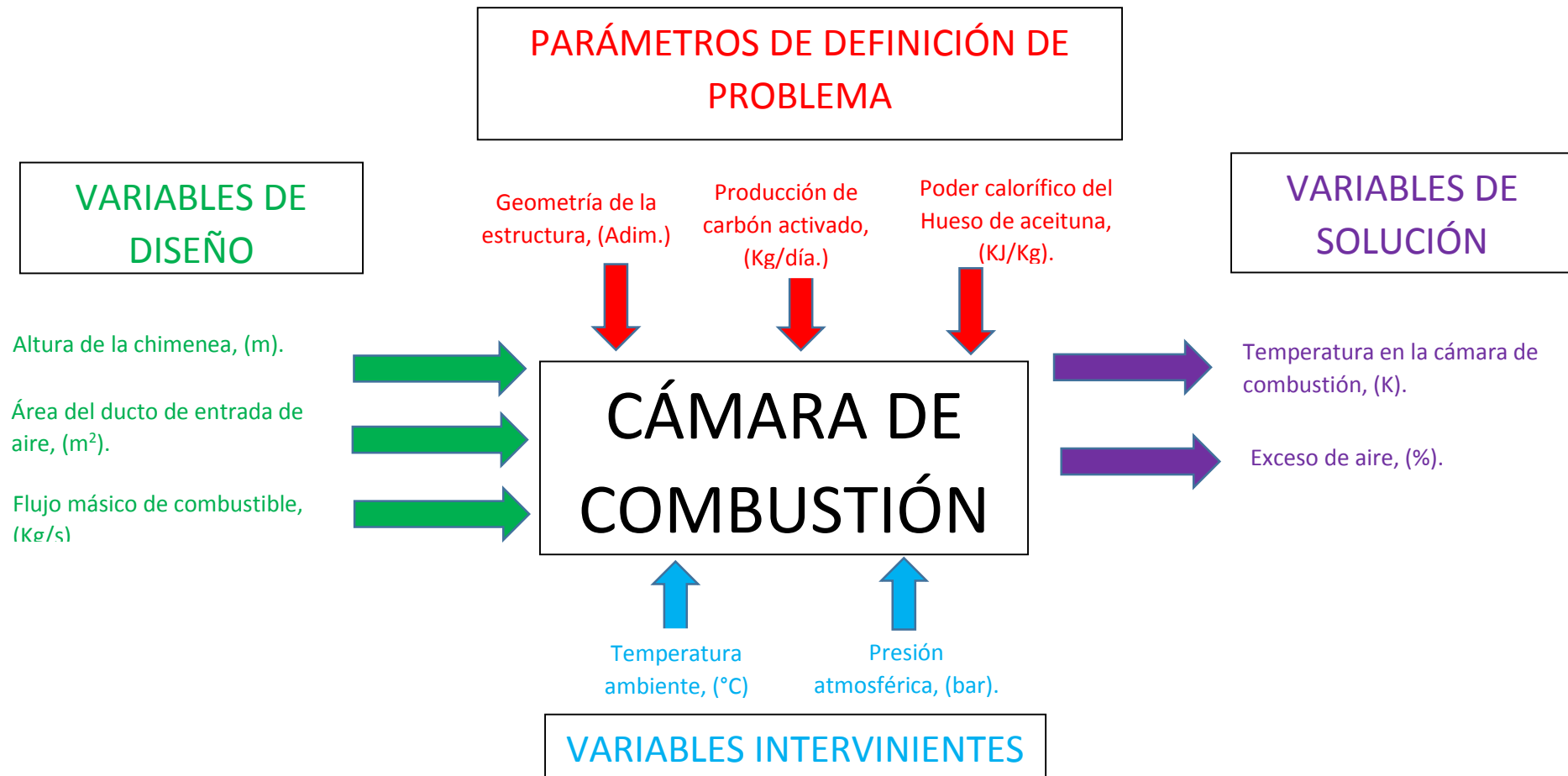


Figura N° 21: DIAGRAMA DE CAJA NEGRA DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Fuente: Propia

2.2.1 Variable independiente

Tabla N°3: Operacionalización de variables Cámara de combustión.

Variable(s)	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Altura de la chimenea.	Dimensión vertical de un cuerpo en su posición natural o normal.	Es la dimensión geométrica que tiene la estructura de la máquina para una correcta combustión.	Metros	Razón
Área del Ducto de entrada de aire.	Medida de una superficie.	Son las dimensiones geométricas de la entrada del ducto de aire.	Metros cuadrados	Razón
Flujo másico de combustible.	Es la magnitud física que expresa la variación de la masa con respecto al tiempo en un área específica	Es la cantidad de combustible que se utiliza en la Estufa Rocket para realizar la combustión.	Kg/s	Razón

2.2.2 Variable dependiente

Tabla N°4: Operacionalización de variables Cámara de combustión.

Variable(s)	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Temperatura en la cámara de combustión, (°C).	Grado o nivel térmico de un cuerpo.	Es la temperatura que alcanzará la cámara de combustión de la estufa rocket, al quemarse los biocombustibles.	Grados Celsius (°C)	Razón
Exceso de aire.	Es la proporción entre la cantidad de aire real y la estequiométricamente necesaria para realizar la combustión.	Es el porcentaje excedente a la cantidad de aire utilizada para la combustión.	Porcentaje (%)	Razón

2.3. Población y muestra

Población: Estufas mejoradas.

Muestra: Estufa rocket que utiliza cáscara de coco y hueso de aceituna como biocombustibles.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Entrevista

Instrumentos: Cuestionario

2.5. Métodos de análisis de datos

- Para poder conocer las necesidades de la empresa, se aplicó una entrevista, la cual se detalla en el Anexo N°1.
- Para el cálculo analítico se usaron las fórmulas descritas en el punto “1.3.11. Diseño de estufa rocket”, y son las siguientes:
 - Velocidad de combustión.
 - Consumo específico de combustible.
 - Eficiencia térmica.
 - Potencia promedio.
 - Eficiencia de la combustión.
 - Cálculo del ancho de la parrilla metálica.
 - Balance de energía.
 - Energía producida por la combustión de la biomasa.
 - Energía perdida por la humedad de la biomasa.
 - Energía almacenada por la olla de aluminio.
 - Energía ganada por el agua.
 - Energía perdida en los residuos del carbón.

- Energía perdida por la parrilla metálica.
- Energía perdida por la chimenea.
- Cálculo del área de la cámara de combustión.
- Cálculo del perímetro de la cámara de combustión.

Capítulo 3

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1 Necesidades de la empresa

Las necesidades de la empresa se determinaron mediante 5 entrevistas realizadas al personal que labora en la empresa “A Y D PIONEER S.A.C.”. Las entrevistas completas pueden apreciarse en el Anexo N° 2.

En la Tabla N° 5 se resume los resultados de las entrevistas indicándose los aspectos evaluados para un mejor análisis. A continuación las observaciones más resaltantes de los aspectos evaluados en cada pregunta.

Aspecto de Influencia en el Mercado del Producto

En promedio se obtuvo que las aplicaciones que podrían darle a la estufa rocket, son aplicaciones domésticas, como hervir el agua para el área de procesamiento de aves, utilizar el carbón activado que produce la estufa para desodorizar el ambiente de los olores producidos al realizar el desplumado de aves de corral; así como también usar la máquina para procesos de manufactura, como por ejemplo corregir la forma de piezas defectuosas mediante el proceso de forjado.

Aspecto de la Producción del Producto

Se obtuvo que en promedio la cantidad de carbón activado que se espera producir es de 4.2 Kg/día.

Aspecto del Diseño de la Máquina

Se promedió que las dimensiones de la estufa rocket serían las siguientes:

- 82cm de alto x 92cm de largo x 48cm de ancho.

Aspecto Económico

La empresa estaría dispuesta a pagar por la adquisición de la estufa rocket un promedio de S/.1420 Soles.

Tabla N° 5: Resumen de entrevistas de necesidades de la empresa.

N°	Entrevistado	Aspecto de influencia en el mercado del producto	Aspecto de la producción del producto	Aspecto del diseño de la máquina	Aspecto Económico
1	Agreda Castillo Miguel	Aplicaciones doméstica y en los procesos de manufactura	5Kg/día de carbón activado	Tamaño no muy grande ni robusta. 80cm de alto x 50cm de largo x 30cm de ancho.	S/.1500 Soles
2	Romero Espinoza José	Aplicaciones doméstica y en los procesos de manufactura	5Kg/día de carbón activado	Tamaño pequeño a mediano. 60cm de alto x 60cm de largo x 30cm de ancho.	S/.2000 Soles
3	Dávila Orbe Mario	Aplicaciones doméstica y en los procesos de manufactura	5Kg/día de carbón activado	70cm de alto x 80cm de largo x 40cm de ancho.	S/.1200 Soles
4	Ortega Agreda Paolo	Aplicaciones doméstica	4Kg/día de carbón activado	100cm de alto x 70cm de largo x 100cm de ancho.	S/.1500 Soles
5	Ramírez Alcántara Faustino	Aplicaciones doméstica	2Kg/día de carbón activado	Tamaño pequeño. 100cm de alto x 60cm de largo x 40cm de ancho.	S/.900 Soles

3.2 Recomendaciones de diseño para cocinas rocket

Concluida la búsqueda de normativa o documentos afines al diseño de estufas rocket, se determinó que esta es escasa o inexistente. Esto puede deberse a que estos equipos son de uso familiar mas no técnico o científico. Se optó entonces por recopilar información de recomendaciones de diseño que se encuentran en artículos de investigación y publicaciones de algunas instituciones interesadas en la producción de hornos de este tipo. La tabla N° 6 resume estos hallazgos.

Tabla N° 6: Recomendaciones de diseño para Estufas Rocket.

ASPECTOS/CRITERIOS	RECOMENDACIÓN DE DISEÑO	REFERENCIA
Geometría	El área de flujo no debe en ningún momento ser menor que el área de entrada de la cámara de combustión	SCHUMACK, M., 2016, p.764.
	El aumento de la longitud de la chimenea aumenta la eficiencia significativamente.	
	La chimenea debe ser aproximadamente tres veces más alta que su diámetro.	
	El tamaño de la abertura al fuego por donde pasan los gases calientes y la chimenea externa deben ser aproximadamente del mismo tamaño. Esto se llama mantener una superficie transversal consistente y ayuda a mantener una corriente de aire pareja en la estufa.	BRYDEN, Mark, et. al., 2006.
	La altura de la cámara de combustión y las brechas alrededor de la parte inferior y lateral de la olla tienen un fuerte impacto sobre la eficiencia, en cambio el radio de la cámara de combustión tiene menos efecto sobre esta.	MACCARTY, Nordica; BRYDEN, Kenneth M. 2013.
	Una chimenea más corta da como resultado una mayor eficiencia, pérdidas de gas de combustión ligeramente más bajas, pérdidas más altas de la estufa y del plato, un menor porcentaje de oxígeno y una menor relación aire-combustible.	HUDELSON, Nordica A.; BRYDEN, K. M.; STILL, Dean (PÁG. 12-13)
	Una estufa ideal teóricamente tendría una pequeña entrada, una chimenea corta	
	Para aumentar la transferencia de calor por radiación de la estufa a la olla, la cámara de combustión tiene que ser ancha y corta.	MACCARTY, Nordica A.; BRYDEN, Kenneth M. 2016. (PÁG. 11)
	El diámetro de la estufa prácticamente no produce que varíe la eficiencia de la estufa (36%), en un rango de 0.16 - 0.24 m.	
	Presenta un modelo de estufa con las siguientes características: Entrada de combustible 12 cm x 12 cm, diámetro externo 37 cm y 40.5 cm de alto.	STILL, Dean; BENTSON, Samuel; LI, Haixi. 2015.
	Las estufas con chimeneas y ollas integradas pueden ser eficientes en combustible y virtualmente eliminar las emisiones en el interior.	

Tabla N° 6: Recomendaciones de diseño para Estufas Rocket (Continuación).

ASPECTOS/CRITERIOS	RECOMENDACIÓN DE DISEÑO	REFERENCIA
Geometría	El tiraje de la cámara de combustión es proporcional a la altura y se recomienda un rango entre 0.75 - 1.25 cm	EVANS, Ianto; JACKSON, Leslie. 2007.
	El cenicero debe tener un tamaño suficiente como para meter la mano o una aspiradora.	
	El alimentador de combustible tiene que ser corto y no pasar de los 30 cm de alto, en lo posible que sea en forma de rectángulo o cuadrado y no tanto en círculo, ya que así se obtiene mayor área.	
Material	Aunque la estufa estándar está hecha de ladrillo de arcilla refractaria, sería preferible el aislamiento de piedra pómez o perlita para la cámara de combustión.	MACCARTY, Nordica; BRYDEN, Kenneth M. 2013.
	El aislamiento de perlita, proporciona la mayor eficiencia y las pérdidas de gases de combustión	HUDELSON, Nordica A.; BRYDEN, K. M.; STILL, Dean (PÁG. 12-13).
	Las pérdidas del cuerpo de la estufa son similares, ya sea que la cámara de combustión sea hecha de cerámica aislantes o chapa.	MACCARTY, Nordica A.; BRYDEN, Kenneth M. 2016. (PÁG. 10)
	La eficiencia puede verse afectada hasta en un 10% cuando usa diferente material aislante, pasando del material más aislante (perlita) al menos aislante (concreto).	
	La cámara de combustión de la estufa tipo rocket debe ser aislada con capas de acero inoxidable y papel de aluminio.	STILL, Dean; BENTSON, Samuel; LI, Haixi. 2015.
	Para el aislamiento térmico es recomendable usar aislantes minerales como la piedra pómez, arena volcánica, vermiculita o perlita.	EVANS, Ianto; JACKSON, Leslie. 2007.
Operación y/o mantenimiento	Siempre debe tener ceniza, para que actué de aislante, cuando la misma se encuentra endurecida se debe cambiar.	AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE. 2014.

3.3 Expresar las necesidades en términos de ingeniería.

En la tabla N° 7, se puede apreciar las necesidades de la empresa, expresadas en términos de ingeniería.

Tabla N° 7: Necesidades de la empresa en términos de ingeniería.

Sub-Función	Característica de ingeniería	Unidades	Límites
Rápido encendido	Tiempo de arranque	Segundos	≤ 6 Segundos
Genere buena flama	Combustión	Grados Centígrados	> 600 °C
Use poco combustible	Consumo de combustible	Kilogramos	< 10 Kg
Tamaño de la máquina	Dimensiones	Centímetros	Alto: < 1 m Largo: < 80 cm Ancho: < 60 cm

3.4 Conceptos de diseño

Se generaron 04 conceptos tentativos capaces de solucionar el problema. Estos conceptos fueron analizados y comparados mediante una matriz de selección ponderada para obtener el concepto óptimo. En la tabla N° 8, se presenta la matriz ponderada de selección de la estructura de la estufa. Dicha matriz ha mostrado que la alternativa más óptima es la estufa rocket.

3.4.1. Conceptos de diseño de la estructura

Concepto N° 1: Estufa Tipo Lorena

Este concepto es una variante adaptada de la idea de Estufa Tipo Lorena (Cuz, Víctor 2012).

Una estufa mejorada que se caracteriza por su base, que es de adobe, la cámara de combustión es hecha de una mezcla de lodo con arena.

Las ventajas de este tipo de estufa es que es barata para construir y ahorra leña.

Las desventajas son que los comales de barro se quiebran y la estufa ocupa mucho espacio.

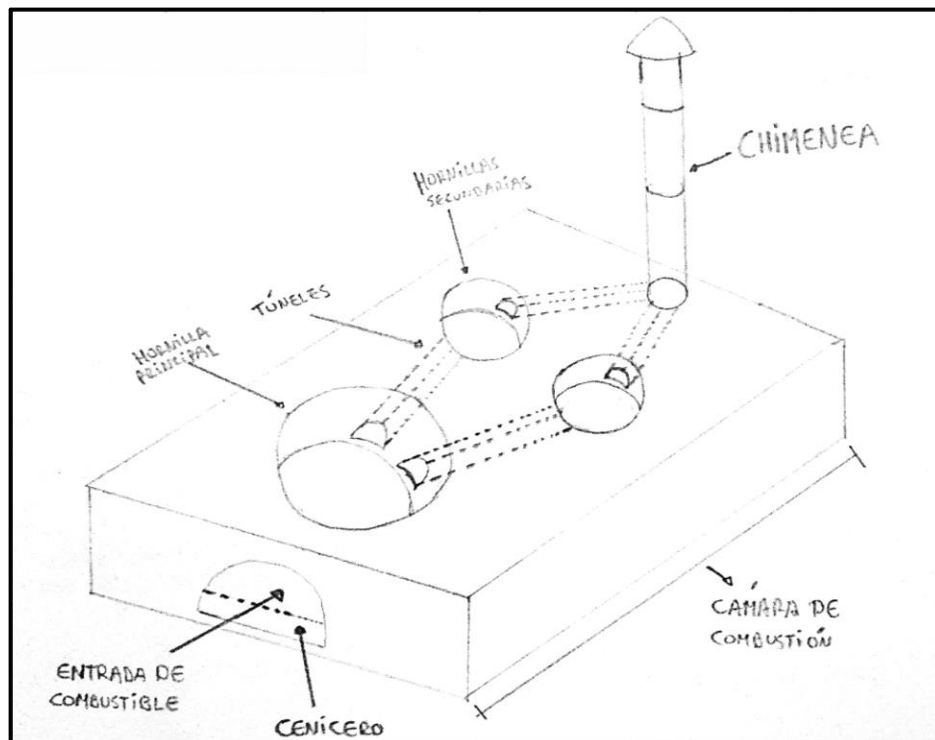


Figura 22: Concepto N° 1 - Estufa Tipo Lorena.

Fuente: Propia

- **Concepto N° 2: Estufa Tipo Ecotec Rural**

Este concepto es una alternativa inspirada de la idea de Estufa Tipo Ecotec Rural (Cuz, Víctor 2012).

Una estufa mejorada que se caracteriza por los materiales usados para la construcción de su interior, siendo construido usando piezas de cerámica.

La estufa tiene la ventaja de que se calienta parejo por dentro y ahorra leña.

Su desventaja es que hay que comprar las piezas de cerámica y sólo dura 5 años aproximadamente.

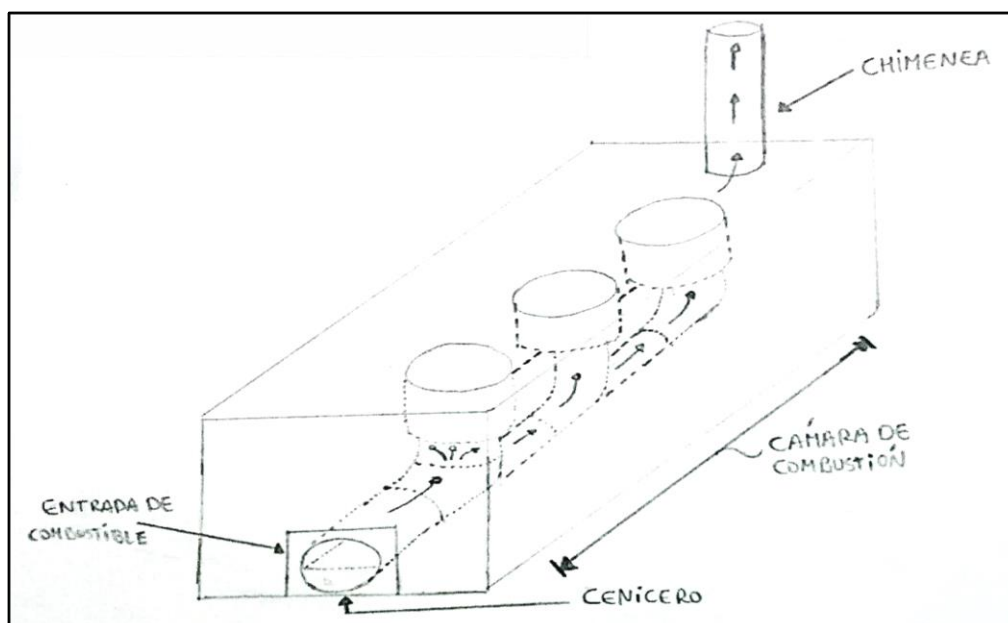


Figura 23: Concepto N° 2 - Estufa Tipo Ecotec Rural.

Fuente: Propia

- **Concepto N° 3: Estufa Tipo Onil**

Este concepto es una variante adaptada de la idea de Estufa Tipo Onil (Cuz, Víctor 2012).

Una estufa mejorada que se caracteriza por su excelente calentamiento, posee dos hornillas, su estructura es prefabricada, elaborada con cemento y arena.

Una de sus mayores ventajas es que se puede construir en tan solo 1 hora y es de fácil mantenimiento.

Las desventajas es que tienen poca durabilidad, ya que su mantenimiento no siempre es adecuado en las condiciones rurales, y principalmente es utilizada en familias conformadas con menos de 5 miembros.

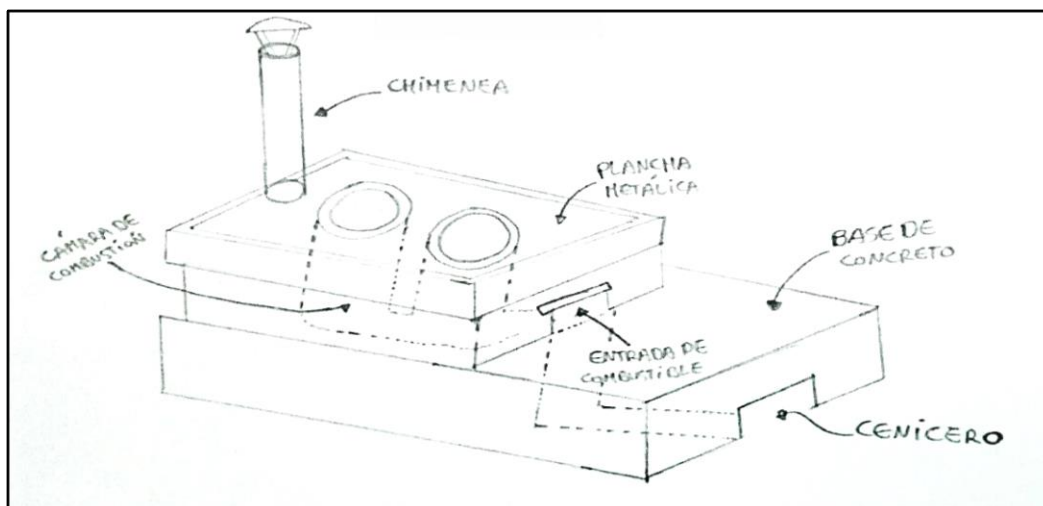


Figura 24: Concepto N°3 - Estufa Tipo Onil.

Fuente: Propia

- **Concepto N° 4: Estufa Tipo Rocket de metal**

Este concepto es una alternativa inspirada de la idea de Estufa Tipo Rocket de metal (Di Ruscio, Nicolás 2015). Una estufa mejorada que se caracteriza por su diseño que puede ser en forma de “L” o en forma de “J”. Lo novedoso de su diseño es que se ha incorporado una cámara de combustión simple a alta temperatura que contiene una chimenea vertical aislada, esto asegura una combustión efectiva al 100%., aprovechando de forma eficiente el combustible, permitiendo reducir la emisión de gases nocivos a casi cero.

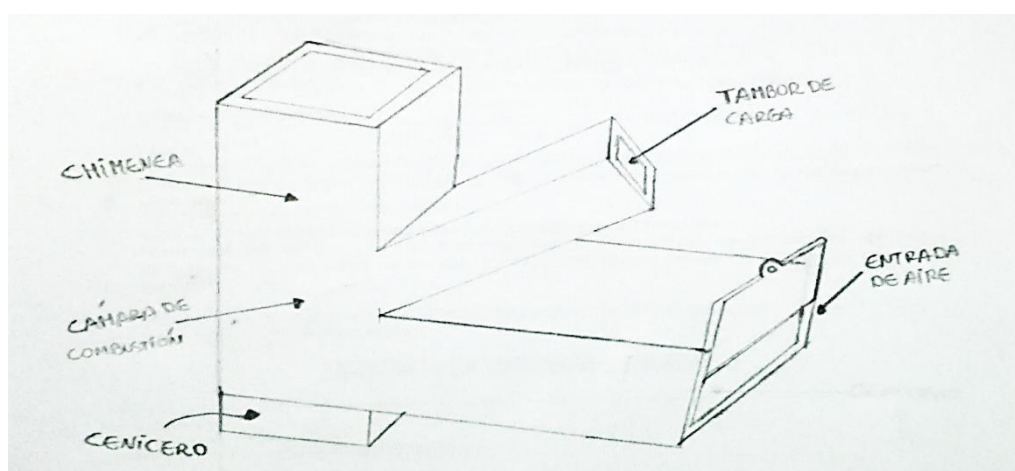


Figura 25: Concepto N° 4 - Estufa Tipo Rocket de metal.

Fuente: Propia

Tabla N° 8: Selección de la alternativa óptima mediante una matriz ponderada de selección de la estructura.

Diseño de estructura de la estufa		Concepto N° 1		Concepto N° 2		Concepto N° 3		Concepto N° 4	
Criterio	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación ponderado	Puntuación	Puntuación ponderado	Puntuación	Puntuación ponderado	Puntuación	Puntuación ponderado
Mantenimiento	20	6	1.2	6	1.2	8	1.6	8	1.6
Durabilidad	20	3	0.6	3	0.6	3	0.6	8	1.6
Consumo de combustible	10	3	0.3	3	0.3	3	0.3	6	0.6
Tamaño	25	3	0.75	3	0.75	6	1.5	8	2
Costo	25	6	1.5	3	0.75	3	0.75	6	1.5
Total	100	21	4.35	18	3.6	23	4.75	36	7.3

Tabla N° 9: Indicadores.

INDICADORES	
CRITERIO	PONDERADO
Mantenimiento	20
Durabilidad	20
Tamaño	10
Ahorra combustible	25
Costo	25
TOTAL	100

Tabla N° 10: Indicadores.

INDICADORES	
PUNTUACION	EXPLICACION
3	POCO SATISFECHO
6	SATISFECHO
8	MUY SATISFECHO

Se tomaron en cuenta los criterios (tabla N° 9) para la evaluación del diseño de una estufa rocket. Obteniendo como criterios estratégicos a evaluar los que se muestra a continuación:

- **Mantenimiento:** Se consideró este criterio debido a la necesidad de poder realizar un correcto mantenimiento a la máquina cuando sea necesario.
- **Durabilidad:** Este criterio nos permite evaluar la durabilidad con la que se diseñaría dicha máquina.
- **Tamaño:** Este criterio permite evaluar el tamaño de la máquina para así lograr un diseño estratégico con la intención de disminuir peso y robustez del soporte.

- **Consumo de combustible:** Este criterio permite evaluar el ahorro de combustible que permite el diseño de la máquina.
- **Costo:** Este criterio permite evaluar el costo que se generaría para poder fabricar esta estufa rocket.

Mediante los indicadores a través de la selección de la alternativa óptima de la matriz ponderada fueron elegidos de acuerdo a los criterios más sobresalientes obtenidos de las entrevistas realizadas a la empresa.

La puntuación obtenida de la matriz de selección ponderada indica que el concepto de la estufa rocket es el más adecuado. Por lo tanto se tomará este tipo de estufa para realizar el diseño.

Calificativos Asignados

La matriz de selección ponderada, en la recta vertical izquierda, cuenta con los criterios de selección obtenidos a través de las entrevistas realizadas, los cuales evaluarán a las alternativas de diseño que se encuentran ubicadas en la recta horizontal superior. A los criterios se le fue asignando una ponderación según la importancia de cada uno, la puntuación que se asignó a cada alternativa de diseño fue dada de la siguiente manera: Poco satisfecho (3); Satisfecho (6); Muy satisfecho (8), y la puntuación ponderada se obtuvo multiplicando el porcentaje (%) por la puntuación dividido entre el total del porcentaje final de criterios.

3.5 Diseño de Configuración

3.5.1 Diseño de configuración general de la máquina

Los siguientes diagramas detallan el proceso de selección de la configuración óptima del equipo. En estos se propone ubicaciones alternativas para las partes más importantes de la estufa. Las configuraciones exploradas se muestran en las Figuras N° 27 a la N° 29.

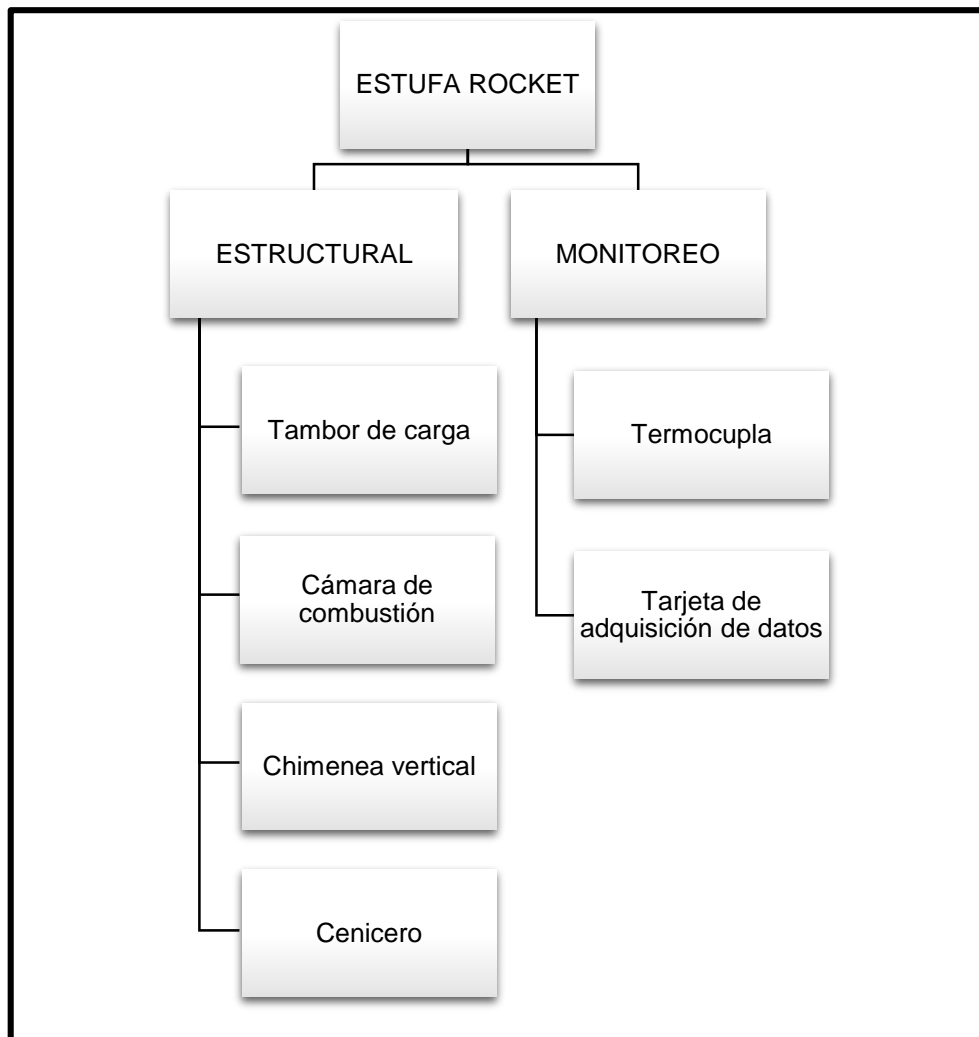


Figura 26: Esquema de Descomposición de componentes para la estufa Rocket

Fuente: Propia

BOCETOS

Se detallan los siguientes bocetos para la selección mediante matriz ponderada de la mejor alternativa en cuanto a ubicación de la máquina para un correcto desempeño.

A. Configuración N°1

En la Figura 26 se muestra la Configuración N° 1 para la posición de los elementos de la estufa rocket.

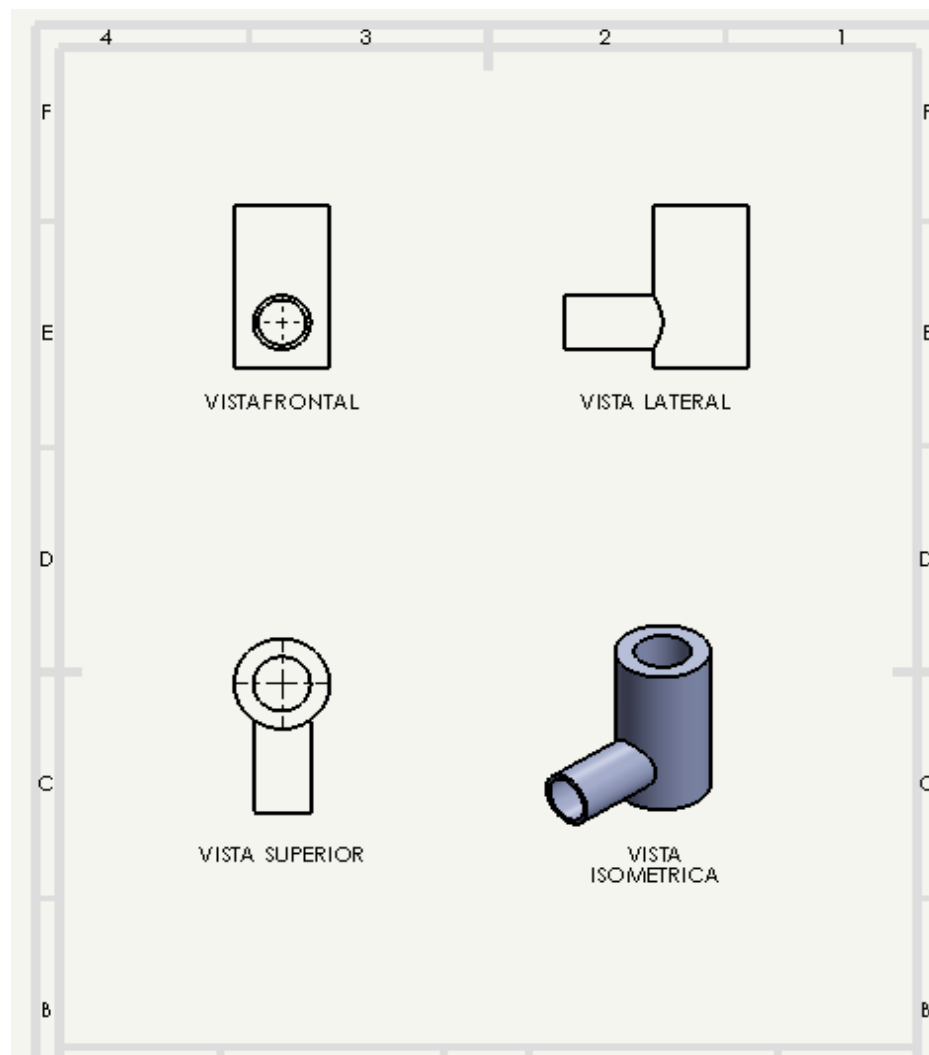


Figura 27: Configuración N°1

Fuente: Propia

B. Configuración N°2

En la Figura 27 se muestra la configuración N° 2 para la posición de los elementos de la estufa rocket.

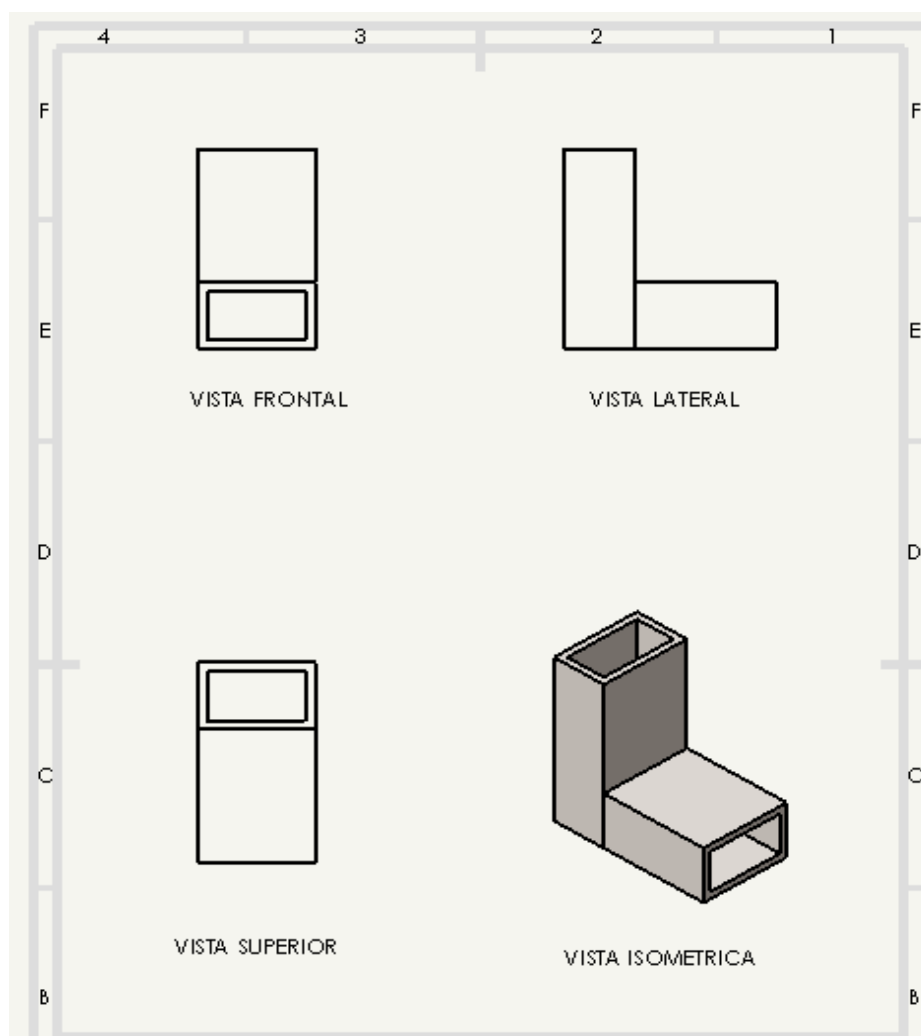


Figura 28: Configuración N°2

Fuente: Propia

C. Configuración N°3

En la Figura 28 se muestra la alternativa N° 3 para la posición de los elementos de la estufa rocket.



Figura 29: Configuración N° 3

Fuente: Propia

3.5.2 Matriz de selección para configuración

En la tabla N° 11, se presenta la matriz ponderada de selección de las diferentes configuraciones de la máquina. Dicha matriz ha mostrado que la configuración N° 3 es la alternativa más óptima.

Tabla N° 11: Selección de la alternativa óptima mediante una matriz ponderada de selección de las diferentes configuraciones de la máquina.

DISEÑO DE ESTUFA ROCKET		CONFIGURACION N°1		CONFIGURACION N°2		CONFIGURACION N°3	
CRITERIO	PONDERADO (%)	PUNTUACION	PUNTUACION DE PONDERADO	PUNTUACION	PUNTUACION DE PONDERADO	PUNTUACION	PUNTUACION DE PONDERADO
Mantenimiento	20	6	1.2	6	1.2	8	1.6
Durabilidad	20	3	0.6	3	0.6	8	1.6
Consumo de combustible	10	3	0.3	3	0.3	6	0.6
Tamaño	25	3	0.75	3	0.75	8	2
Costo	25	6	1.5	3	0.75	6	1.5
TOTAL	100	21	4.35	18	3.6	36	7.3

Tabla N° 12: Indicadores.

INDICADORES	
CRITERIO	PONDERADO
Mantenimiento	20
Durabilidad	20
Tamaño	10
Ahorra combustible	25
Costo	25
TOTAL	100

Tabla N° 13: Indicadores.

INDICADORES	
PUNTUACION	EXPLICACION
3	POCO SATISFECHO
6	SATISFECHO
8	MUY SATISFECHO

Se tomaron en cuenta los criterios (tabla N°12) para la evaluación del diseño de una estufa rocket. Obteniendo como criterios estratégicos a evaluar los que se muestra a continuación:

- **Mantenimiento:** Se consideró este criterio debido a la necesidad de poder realizar un correcto mantenimiento a la máquina cuando sea necesario.
- **Durabilidad:** Este criterio nos permite evaluar la durabilidad con la que se diseñaría dicha máquina.
- **Tamaño:** Este criterio permite evaluar el tamaño de la máquina para así lograr un diseño estratégico con la intención de disminuir peso y robustez del soporte.

- **Consumo de combustible:** Este criterio permite evaluar el ahorro de combustible que permite el diseño de la máquina.
- **Costo:** Este criterio permite evaluar el costo que se generaría para poder fabricar esta estufa rocket.

Mediante los indicadores a través de la selección de la alternativa óptima de la matriz ponderada fueron elegidos de acuerdo a los criterios más sobresalientes obtenidos de las entrevistas realizadas a la empresa.

La puntuación obtenida de la matriz de selección ponderada indica que la configuración N°3 de la estufa rocket es el más adecuado. Por lo tanto se tomará este tipo configuración para realizar el diseño.

Calificativos Asignados

La matriz de selección ponderada, en la recta vertical izquierda, cuenta con los criterios de selección obtenidos a través de las entrevistas realizadas, los cuales evaluarán a las alternativas de diseño que se encuentran ubicadas en la recta horizontal superior. A los criterios se le fue asignando una ponderación según la importancia de cada uno, la puntuación que se asignó a cada alternativa de diseño fue dada de la siguiente manera: Poco satisfecho (3); Satisfecho (6); Muy satisfecho (8), y la puntuación ponderada se obtuvo multiplicando el porcentaje (%) por la puntuación dividido entre el total del porcentaje final de criterios.

3.6 Configuración y Dimensionamiento General de la Maquina

Luego de finalizado el diseño de concepto y configuración se procedió a dimensionar las características geométricas generales de la máquina. Esto se realizó siguiendo las recomendaciones de diseño de la Tabla N° 6 y el criterio ingenieril. En las líneas siguientes se detalla el procedimiento realizado.

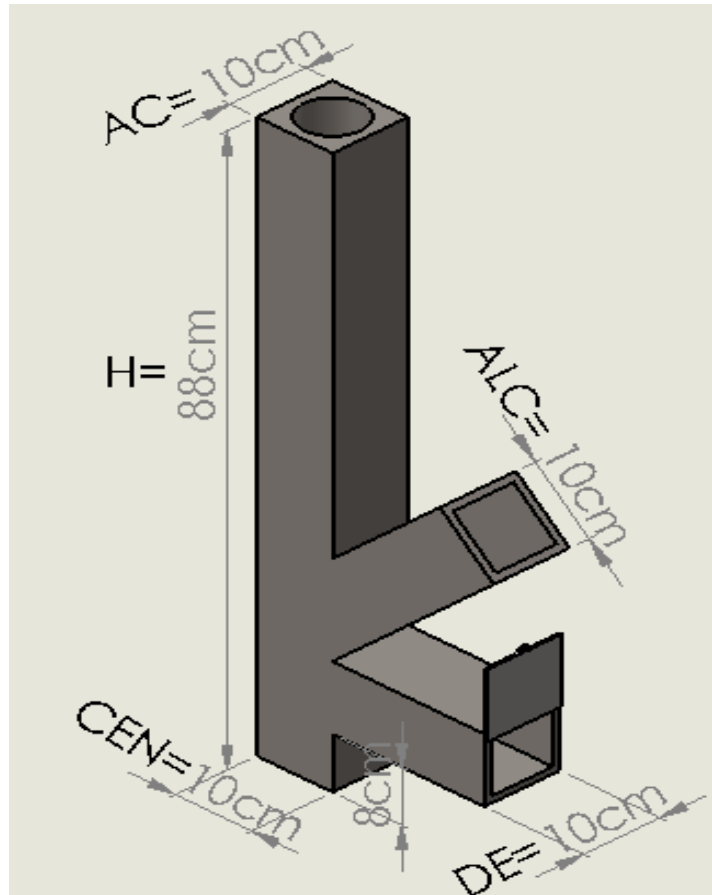


Figura 30: Dimensionamiento general del equipo.

Fuente: Propia

- La altura total del equipo ("H") se determinó usando la recomendación de Bryden et. al. (2006) que sugiere que "la chimenea debe ser aproximadamente tres veces más alta que su diámetro". Se asignó el valor igual a 88 cm.
- Se dimensionó el ancho de la cámara de combustión (AC) siguiendo la recomendación de MacCarty y Bryden (2016, p.11) la cual indica que "para aumentar la transferencia de calor por radiación la cámara de combustión tiene que ser ancha y corta". Se asignó el valor igual a 10 cm.

- Se dimensionó “ALC” (Alimentador de combustible) en base a la recomendación de diseño de Evans y Jackson (2007) la cual indica que “el tambor de carga tiene que ser corto y no pasar de los 30 cm de alto, en lo posible que sea en forma de rectángulo o cuadrado y no tanto en círculo, ya que así se obtiene mayor área”. Se asignó el valor igual a 20 cm.
- Se dimensionó “CEN” (Cenicero) en base a la recomendación de diseño de Evans y Jackson (2007) la cual indica que “El cenicero debe tener un tamaño suficiente como para meter la mano o una aspiradora”. Se asignó el valor igual a 10 cm.
- Se dimensionó “DE” (Ducto de entrada de aire) en base a la recomendación de diseño de Bryden et. al. (2006) la cual indica que “El tamaño de la abertura al fuego por donde pasan los gases calientes y la chimenea externa deben ser aproximadamente del mismo tamaño. Esto se llama mantener una superficie transversal consistente y ayuda a mantener una corriente de aire pareja en la estufa”, es decir que el Ducto de entrada de aire debe tener el mismo ancho que la cámara de combustión y el mismo largo que el Alimentador de combustible. Se asignó el valor igual a 10 cm.

Obtenidas las dimensiones principales se agregaron detalles técnicos, accesorios necesarios para el funcionamiento práctico del equipo. En la Figura N° 31 se puede observar la configuración interna de la estufa. Se observa que se han considerado nuevos elementos tales como la cápsula para contener el precursor de carbón activado (cáscara de coco), la rejilla para sostener el biocombustible (pellets de polvo de hueso de aceituna) y el regulador de entrada de aire.

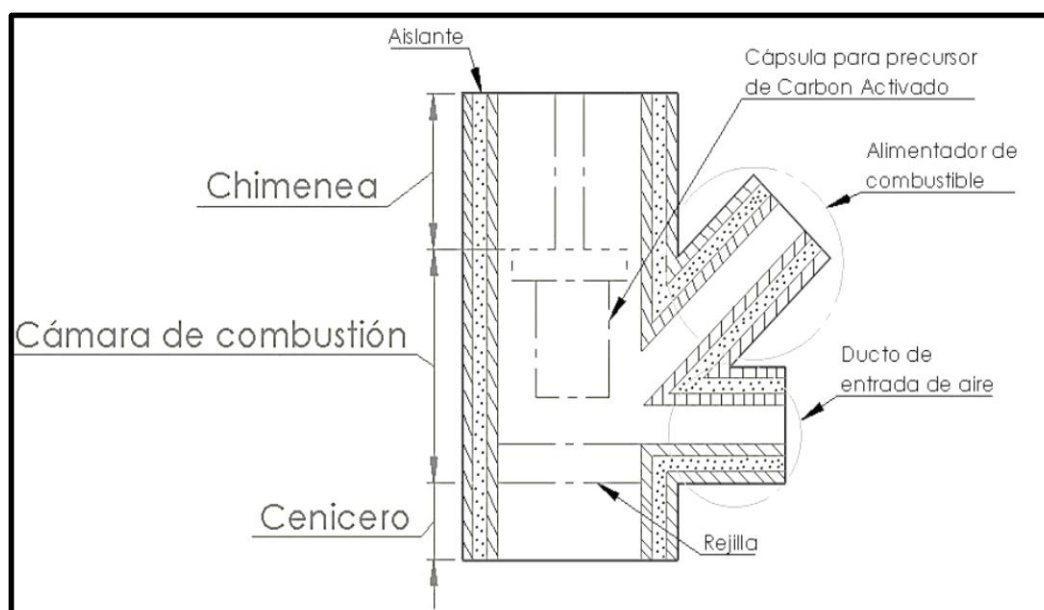


Figura 31: Configuración interna de la estufa rocket.

Fuente: Propia

3.7 Selección de materiales

Los materiales se seleccionaron para los componentes más importantes de la estufa rocket.

Selección de Material para la Cápsula del Precursor de Carbón Activado

Para realizar la selección del material adecuado para la construcción de la cápsula del precursor de carbón activado, se analizaron y compararon 02 alternativas mediante una matriz de selección ponderada para obtener un diseño óptimo. En la Tabla N° 14 se muestra la matriz de selección para este componente. Se obtuvo que la alternativa N° 2 es la más óptima para la construcción de este componente, ya que presenta características superiores en los criterios de resistencia a la corrosión por temperatura ($1.5 \text{ g/m}^2\text{xh}$) y resistencia a elevadas temperaturas (trabaja a temperaturas mayores a 900°C).

Tabla N° 14: Matriz ponderada de selección del material óptimo para la cápsula del precursor de carbón activado.

Fuente: Propia

		MATERIALES CANDIDATOS			
		ALTERNATIVA N° 1		ALTERNATIVA N° 2	
		Acero Inoxidable 304		Acero Inoxidable H525	
CRITERIOS	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de Ponderado	Puntuación	Puntuación de Ponderado
INERCIA QUIMICA	20	6	1.2	6	1.2
RESISTENCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS	20	6	1.2	8	1.6
RESISTENCIA A LA CORROSION POR TEMPERATURA	20	3	0.6	8	1.6
COSTO	20	6	1.2	3	0.6
DISPONIBILIDAD	20	3	0.6	3	0.6
TOTAL	100	24	4.8	28	5.6

Selección de Material para la Estructura de la Máquina

Para realizar la selección del material adecuado para la construcción de la estructura de la máquina, se analizaron y compararon 02 alternativas mediante una matriz de selección ponderada para obtener un diseño óptimo. En la Tabla N° 15 se muestra la matriz de selección para este componente. Se obtuvo que la alternativa N° 2 es la más óptima para la construcción de este componente, ya que presenta características superiores en los criterios de resistencia a la corrosión por temperatura (1.5 g/m²xh) y resistencia a elevadas temperaturas (trabaja a temperaturas mayores a 900°C).

Tabla N° 15: Matriz ponderada de selección del material óptimo para la estructura de la máquina.

Fuente: Propia

		MATERIALES CANDIDATOS			
		ALTERNATIVA N° 1		ALTERNATIVA N° 2	
		Acero Inoxidable 304		Acero Inoxidable H525	
CRITERIOS	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de Ponderado	Puntuación	Puntuación de Ponderado
INERCIA QUIMICA	20	6	1.2	6	1.2
RESISTENCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS	20	6	1.2	8	1.6
RESISTENCIA A LA CORROSION POR TEMPERATURA	20	3	0.6	8	1.6
COSTO	20	6	1.2	3	0.6
DISPONIBILIDAD	20	3	0.6	3	0.6
TOTAL	100	24	4.8	28	5.6

Selección de Material para el Aislante Térmico

Para realizar la selección del aislante térmico adecuado para la máquina, se analizaron y compararon 02 alternativas mediante una matriz de selección ponderada para obtener un diseño óptimo. En la Tabla N° 16 se muestra la matriz de selección para este componente. Se obtuvo que la alternativa N° 1 es la más óptima, ya que presenta características superiores en los criterios de aislamiento térmico (temperaturas mayores a 900°C) y densidad (60-70 Kg/m³).

Tabla N° 16: Matriz ponderada de selección del material óptimo del aislante térmico.

Fuente: Propia

		MATERIALES CANDIDATOS			
		ALTERNATIVA N° 1		ALTERNATIVA N° 2	
		Perlita		Vermiculita	
CRITERIOS	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de Ponderado	Puntuación	Puntuación de Ponderado
PESO	10	6	0.6	6	0.6
AISLAMIENTO TERMICO	40	8	3.2	6	2.4
DENSIDAD	10	8	0.8	6	0.6
COSTO	20	8	1.6	8	1.6
DISPONIBILIDAD	20	6	1.2	6	1.2
TOTAL	100	36	7.4	32	6.4

Selección de Material para la Rejilla del Cenicero

Para realizar la selección del material adecuado para la construcción de la rejilla del cenicero, se analizaron y compararon 02 alternativas mediante una matriz de selección ponderada para obtener un diseño óptimo. En la Tabla N° 17 se muestra la matriz de selección para este componente. Se obtuvo que la alternativa N° 2 es la más óptima para la construcción de este componente, ya que presenta características superiores en los criterios de resistencia a la corrosión por temperatura ($1.5 \text{ g/m}^2\text{xh}$) y resistencia a elevadas temperaturas (trabaja a temperaturas mayores a 900°C).

Tabla N° 17: Matriz ponderada de selección del material óptimo para la rejilla del cenicero.

Fuente: Propia

		MATERIALES CANDIDATOS			
		ALTERNATIVA N° 1		ALTERNATIVA N° 2	
		Acero Inoxidable 304		Acero Inoxidable H525	
CRITERIOS	Ponderado (%)	Puntuación	Puntuación de Ponderado	Puntuación	Puntuación de Ponderado
INERCIA QUIMICA	20	6	1.2	6	1.2
RESISTENCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS	20	6	1.2	8	1.6
RESISTENCIA A LA CORROSION POR TEMPERATURA	20	3	0.6	8	1.6
COSTO	20	6	1.2	3	0.6
DISPONIBILIDAD	20	3	0.6	3	0.6
TOTAL	100	24	4.8	28	5.6

3.8. Diseño Paramétrico

3.8.1. Diseño Paramétrico mediante GUI MATLAB®

En la tabla N°18 se muestran los valores asignados a cada variable de diseño paramétrico. Se elaboró una Interface Gráfica de Usuario (GUI) en MATLAB para agilizar el diseño paramétrico.

Tabla N°18: Variables y valores para el Diseño Paramétrico en Matlab

	Variables	Unidades	Valores/Rango
Parámetros de Definición del Problema	Geometría de la estructura	Adim.	Rocket Elbow
	Producción de carbón activado	Kg/día	4.2
	Poder calorífico del Hueso de aceituna	KJ/Kg	18280
Variables de Diseño	Altura de chimenea	metros	0.65
	Área del ducto de entrada de aire	m ²	0.01
	Flujo másico de combustible	Kg/s	0.001
Variables de Solución	Temperatura en la cámara de combustión	K	1241.57
	Factor de Seguridad Global Estático y Dinámico	%	201.06

Fuente: Propia

La pantalla de presentación de esta GUI se puede observar en la Figura 32. En esta figura muestra la portada de la Interface Gráfica de Usuario, denominada “Diseño de una Estufa Rocket para sintetización de carbón activado usando biocombustible de bajo costo para la empresa A Y D Piooner S.A.C. – Trujillo”.

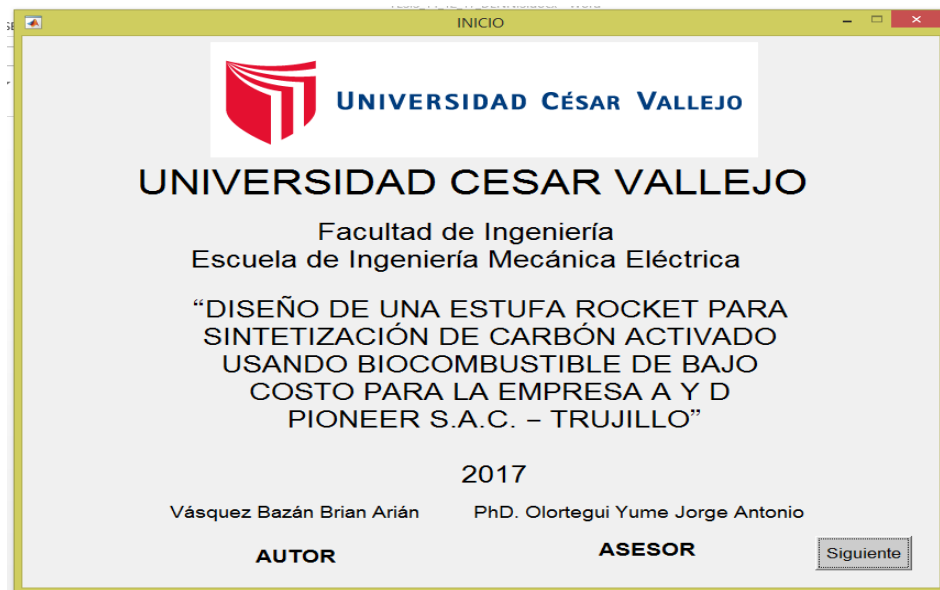


Figura 32: Ventana de inicio (GUI)

Fuente: Propia.

Se procedió a realizar los cálculos en MATLAB, con los valores definidos en la tabla N° 18, los cuales se pueden observar en la figura N° 33.

VARIABLES

VARIABLES DE DISEÑO

Altura de chimenea	h	0.65	m
Área del Ducto de entrada de aire	A	0.01	m²
Flujo masico de combustible	m	0.001	kg/s

PARAMETROS DE DEFINICION DEL PROBLEMA

Geometría de la estructura	Gest	rocket elbow	Adim
Producción de carbón activado	Pcarb	4.2	Kg/día
Poder Calorífico del Hueso de Acetuna	LHV	18280	KJ/kg

Calcular

VARIABLES DE SOLUCION

Temperatura en la cámara de combustión	TH	1241.57	°K
Exceso de aire	EAR	201.06	%

PARAMETRIZACION

Figura 33: Ventana de diseño.

Fuente: Propia.

Tabla N° 19: Resultados de cálculos para el diseño de la Estufa Rocket

	Unidades	Valor
Temperatura promedio de la chimenea	K	1241.57
Altura de chimenea	m	0.65
Flujo másico	Kg/s	0.0010

Una vez finalizada la elaboración de la GUI, se procedió a evaluar paramétricamente las variables involucradas. En la figura 34 se muestran las gráficas de parametrización de temperatura.

Se analiza la altura de chimenea (abscisas) para encontrar la temperatura promedio de la chimenea (ordenadas).

Finalmente se encontró que para una altura de chimenea de 0.65 metros, la temperatura promedio de la chimenea sería aproximadamente de 1241.57 K.

Este dato se comparó con la temperatura obtenida en la simulación del programa ANSYS FLUENT, obteniéndose la temperatura promedio de 1114.1 K. Dando como resultado un margen de error de 10.266%.

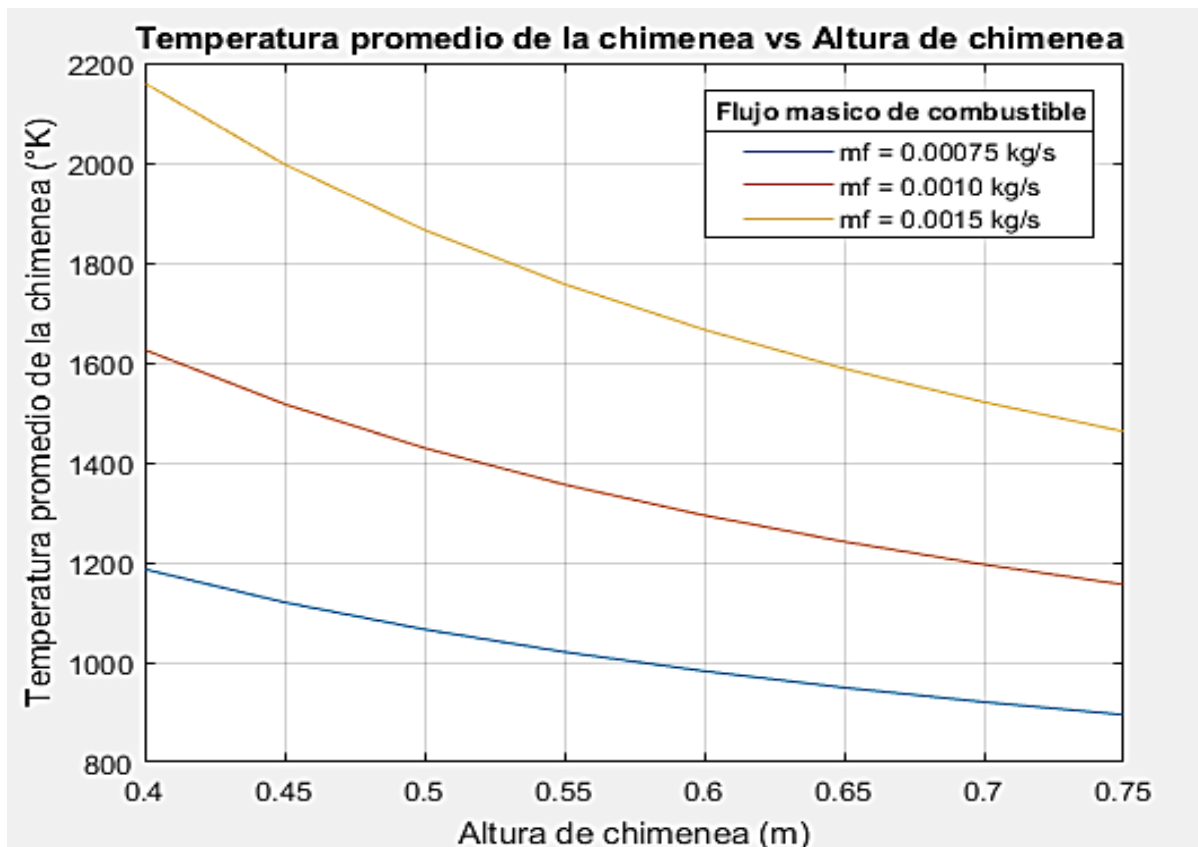


Figura 34: Gráfica Paramétrica (GUI) para evaluar la variable de Solución: Temperatura en la cámara de combustión. Las variables de diseño parametrizadas son: Altura de chimenea y flujo másico del combustible.

Fuente: Propia

3.8.2. Diseño paramétrico mediante ANSYS FLUENT

Una vez definidas las cargas de diseño y analizada la influencia de las variables de diseño sobre las variables de solución de la Figura N° 21, se continuo al primer análisis paramétrico de la estructura. En este se considera como parámetros de definición de problema a la geometría de la estructura de la máquina, producción de carbón activado y tipo de biocombustible. Asimismo, se tomó como variables de diseño a la altura de la chimenea y el área del ducto de entrada de aire. En la Tabla N° 6 puede apreciarse los valores asumidos para cada variable en este diseño paramétrico.

3.8.2.1. Simulación de combustión de la estufa rocket

- Se establece la geometría de la estructura de la Estufa Rocket. Luego se realiza la simulación, la cual mostrará datos específicos del comportamiento de la estructura mediante la aplicación de cargas tales como flujos másicos de entrada de aire, combustible y tipo de material de la estructura, las cuales no son contempladas en el método analítico y así nos proporciona modelos que se asemejen más a la realidad. Estos cálculos de análisis estático fueron realizados para determinar la temperatura alcanzada en la cámara de combustión, así como en todas las partes de la estructura.

Los parámetros a tener en cuenta para la simulación se enlistan en el Anexo N° 4.

Se muestra el diseño a simular, junto a los parámetros que rigen el curso de la simulación.

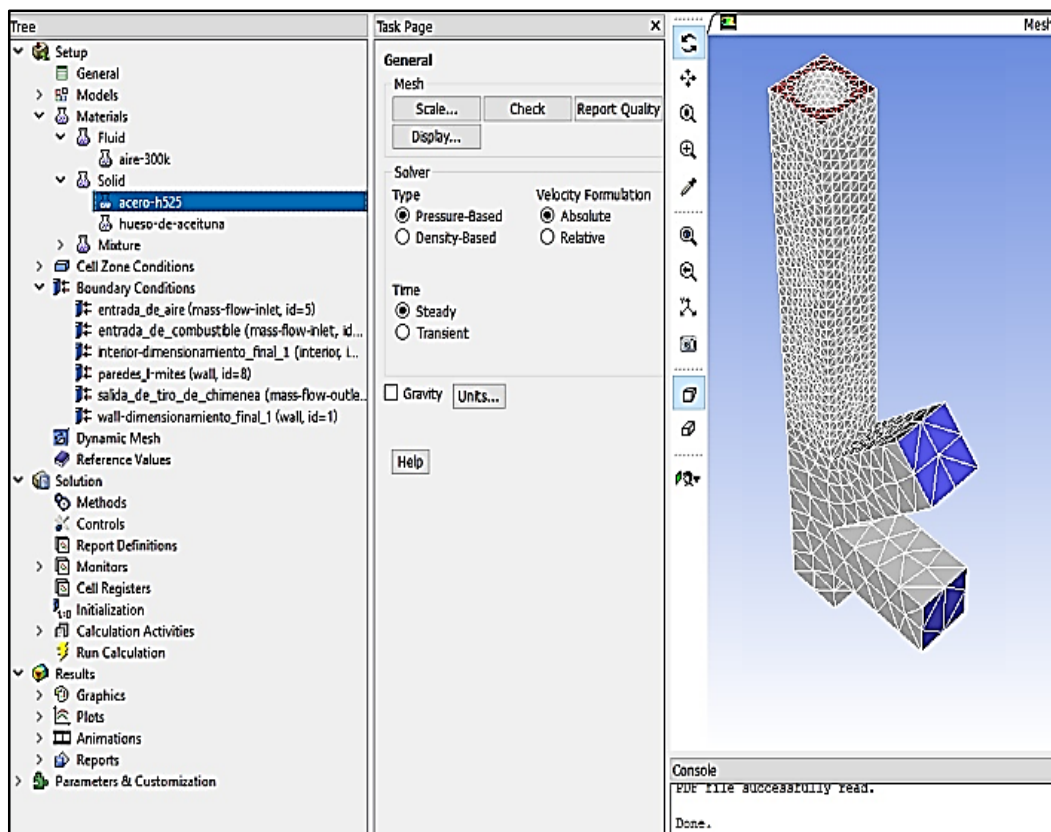


Figura 35: Diseño y parámetro de simulación.

- **RESULTADOS DE SIMULACION**

Se aplicaron las cargas de flujos másicos en la Entrada del Ducto de Aire y el Alimentador de Combustible y se determinó que para una adecuada combustión la relación aire-combustible debía ser del 40%.

Utilizando como material el Acero Inoxidable H 525, se halló la temperatura alcanzada en cada componente de la estructura, logrando alcanzar la temperatura de 1800 K en la cámara de combustión, satisfaciendo lo planteado en el diagrama de caja negra de la cámara de combustión (Fig. N° 21).

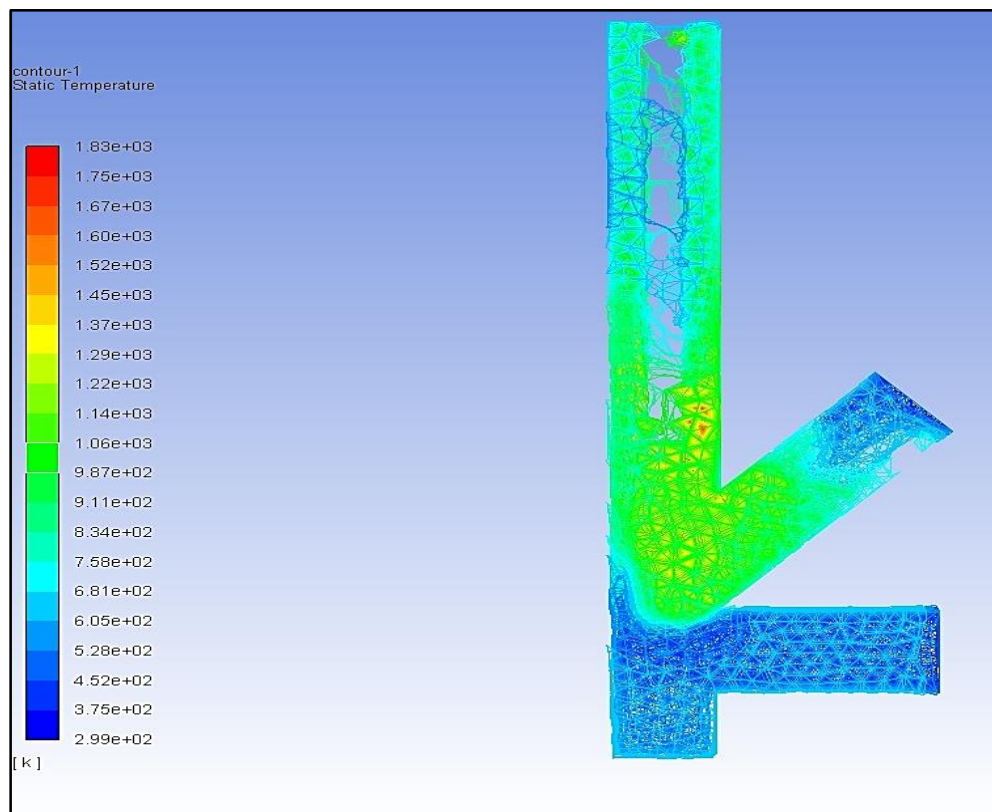


Figura 36: Temperatura en la estructura al realizar la combustión.

A continuación se detallan las diferentes configuraciones de la estructura del Ducto de entrada de aire de la máquina, las cuales se simularon en el programa ANSYS FLUENT para determinar cuál variante de diseño es la más óptima para una adecuada combustión.

- Simulación Estática para determinar la temperatura.

Tabla 20: Temperatura (K)

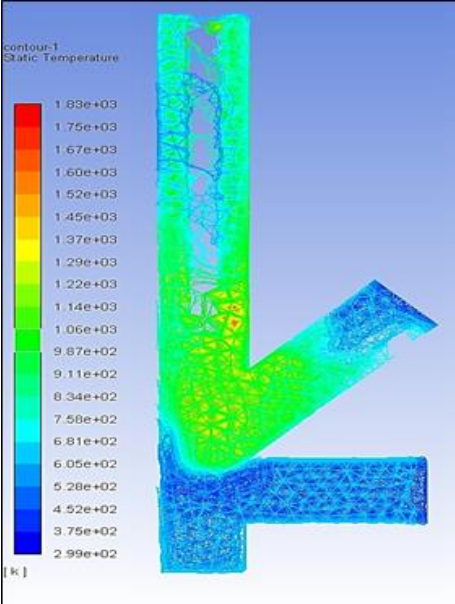
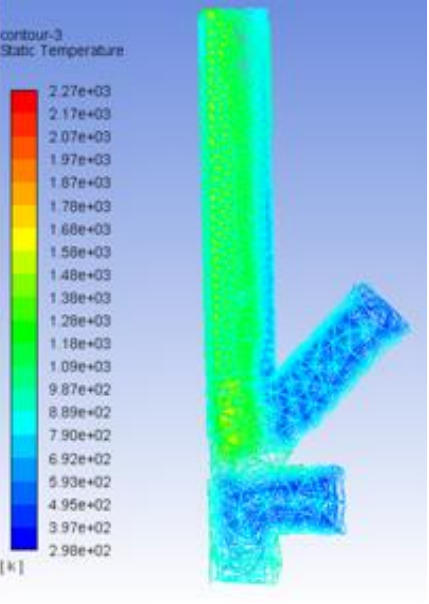
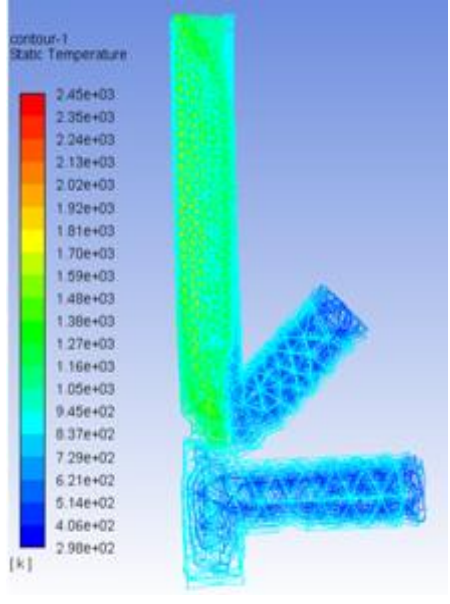
ANÁLISIS DE SIMULACIÓN ESTÁTICA DE LA TEMPERATURA EN LA ESTRUCTURA DE LA ESTUFA ROCKET			
	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 20 cm Largo	Configuración 2 del Ducto de entrada de aire: 10 cm Largo	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 30 cm Largo
Temperatura (°K)			
Resultado obtenido	Se obtuvo que la temperatura máxima en la cámara de combustión es de 1800 K.	Se obtuvo que la temperatura máxima en la cámara de combustión es de 1600 K.	Se obtuvo que la temperatura máxima en la cámara de combustión es de 1300 K.

Figura 37: Contornos de Temperatura Estática en la estructura de la Estufa Rocket.

Tabla 21: Temperatura (K)

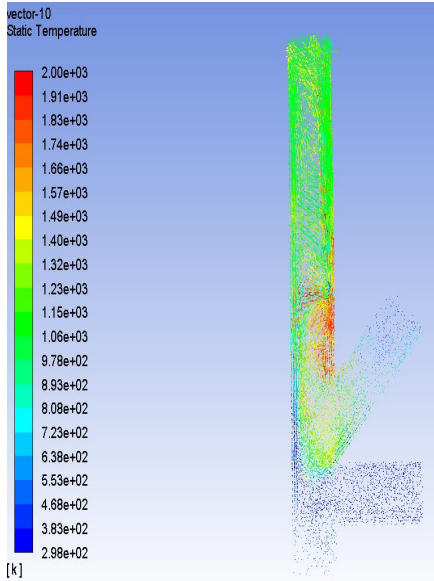
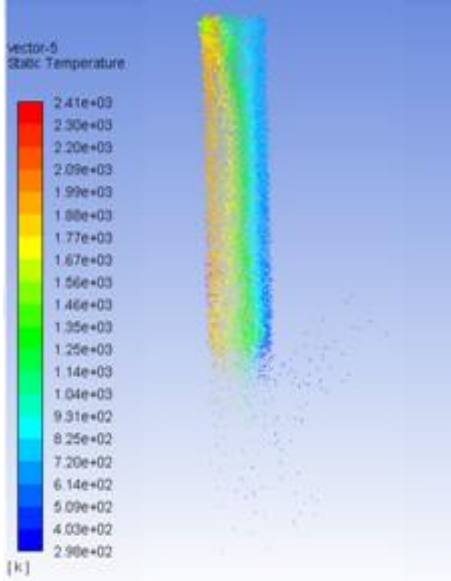
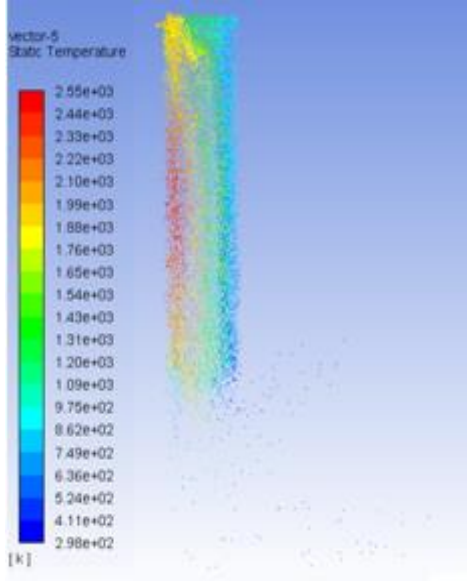
ANÁLISIS DE SIMULACIÓN ESTÁTICA DE LA TEMPERATURA EN LA ESTRUCTURA DE LA ESTUFA ROCKET			
	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 20 cm Largo	Configuración 2 del Ducto de entrada de aire: 10 cm Largo	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 30 cm Largo
Temperatura (°K)			
Resultado obtenido	Se obtuvo que la distribución de calor al momento de realizar la combustión es uniforme.	Se obtuvo que la distribución de calor al momento de realizar la combustión no es uniforme.	Se obtuvo que la distribución de calor al momento de realizar la combustión no es uniforme.

Figura 38: Vectores de Temperatura Estática en la estructura de la Estufa Rocket.

- Simulación Estática para determinar la temperatura.

Tabla 22: Densidad (Kg/m³)

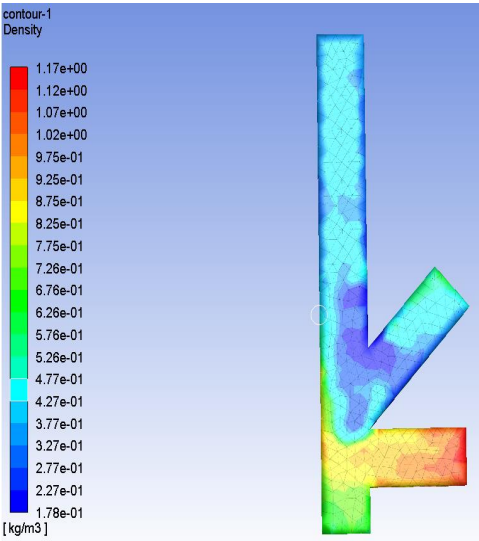
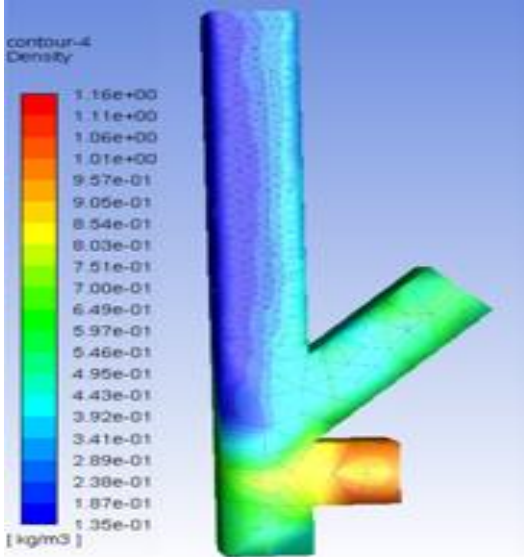
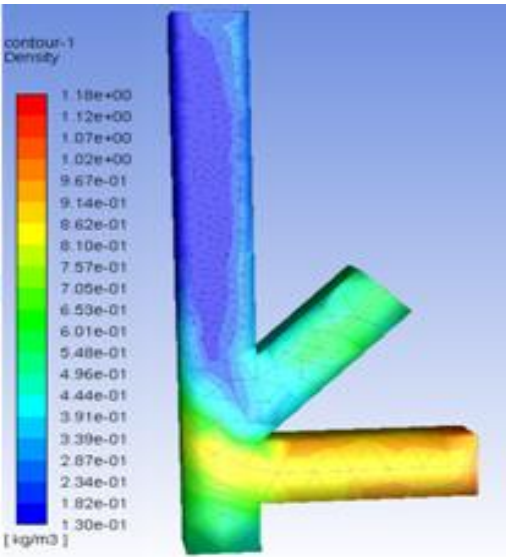
ANÁLISIS DE SIMULACIÓN ESTÁTICA DE LA DENSIDAD EN LA ESTRUCTURA DE LA ESTUFA ROCKET			
	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 20 cm Largo	Configuración 2 del Ducto de entrada de aire: 10 cm Largo	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 30 cm Largo
DENSIDAD (Kg/m³)			
Resultado obtenido	Se obtuvo que las densidades más altas se encuentran en las entradas de aire y combustible, en cambio las densidades más bajas se encuentran en la cámara de combustión y chimenea.	Se obtuvo que las densidades más altas se encuentran en las entradas de aire y combustible, en cambio las densidades más bajas se encuentran en la cámara de combustión y chimenea.	Se obtuvo que las densidades más altas se encuentran en las entradas de aire y combustible, en cambio las densidades más bajas se encuentran en la cámara de combustión y chimenea.

Figura 39: Contornos de Densidad Estática en la estructura de la Estufa Rocket.

Tabla 23: Densidad (Kg/m³)

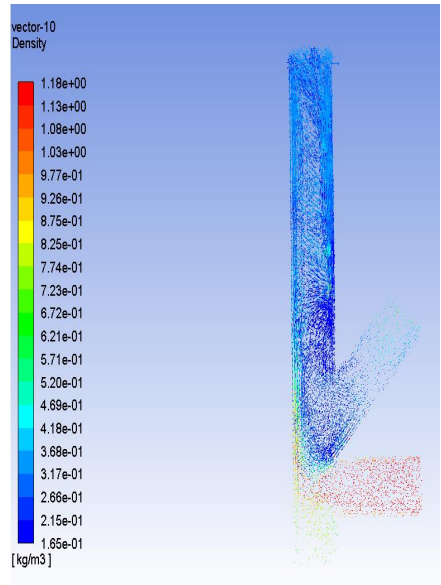
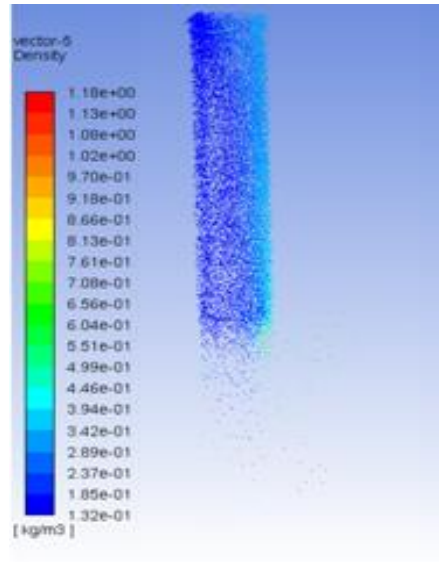
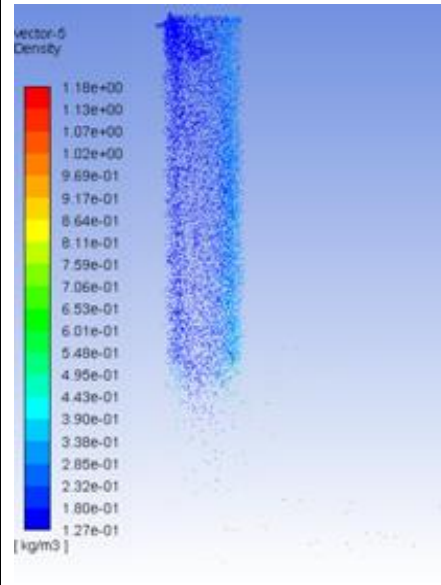
ANALISIS DE SIMULACIÓN ESTÁTICA DE LA DENSIDAD EN LA ESTRUCTURA DE LA ESTUFA ROCKET			
	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 20 cm Largo	Configuración 2 del Ducto de entrada de aire: 10 cm Largo	Configuración 1 del Ducto de entrada de aire: 30 cm Largo
DENSIDAD (Kg/m ³)			
Resultado obtenido	Se obtuvo que las densidades más bajas las cuales se encuentran en la cámara de combustión y chimenea, tiene una distribución uniforme y constante.	Se obtuvo que las densidades más bajas las cuales se encuentran en la cámara de combustión y chimenea, tiene una distribución regularmente uniforme, pero con variaciones.	Se obtuvo que las densidades más bajas las cuales se encuentran en la cámara de combustión y chimenea, tiene una distribución regularmente uniforme, pero con variaciones.

Figura 40: Vectores de Densidad Estática en la estructura de la Estufa Rocket.

- **DIMENSIONES DEL DUCTO DE ENTRADA DE AIRE: 20 cm**

Se realizó un análisis estático por simulación en el software ANSYS FLUENT bajo los parámetros definidos para las dimensiones del Ducto de entrada de aire de la Estufa Rocket. Se eligió la dimensión de 20 cm de largo como configuración A, para así determinar la temperatura y densidad en la estructura, así como la relación que tiene al momento de realizar la combustión.

- **DIMENSIONES DEL DUCTO DE ENTRADA DE AIRE: 10 cm**

Se realizó un análisis estático por simulación en el software ANSYS FLUENT bajo los parámetros definidos para las dimensiones del Ducto de entrada de aire de la Estufa Rocket. Se eligió la dimensión de 10 cm de largo como configuración B, para así determinar la temperatura y densidad en la estructura, así como la relación que tiene al momento de realizar la combustión.

- **DIMENSIONES DEL DUCTO DE ENTRADA DE AIRE: 30 cm**

Se realizó un análisis estático por simulación en el software ANSYS FLUENT bajo los parámetros definidos para las dimensiones del Ducto de entrada de aire de la Estufa Rocket. Se eligió la dimensión de 30 cm de largo como configuración C, para así determinar la temperatura y densidad en la estructura, así como la relación que tiene al momento de realizar la combustión.

3.8.3. Elaborar los planos finales del proyecto

Se desarrollaron los planos de la geometría de la Estufa Rocket partiendo de la configuración N° 3 (ver Fig. 29), se ubican en los anexos N° 5, 6 y 7.

3.9. Elaborar el Análisis Económico (ROI, VAN Y TIR)

- **RETORNO OPERACIONAL DE LA INVERSION (ROI):**

Tabla 24: Materiales para la fabricación

MATERIALES PARA FABRICACION	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	S/. PRECIO UNITARIO (Incluye I.G.V.)	S/. PRECIO TOTAL (Incluye I.G.V.)
Plancha de Acero Inoxidable H525	1	UNIDAD	S/. 1,109.20	S/. 1,109.20
Aislante Térmico (Perlita)	20	KG	S/. 20.00	S/. 400.00
Servicio de soldadura (Incluye suministros)	1	SERVICIO	S/. 180.00	S/. 180.00
Servicio de corte (Incluye suministros)	1	SERVICIO	S/. 50.00	S/. 50.00
Servicio de pintura	1	SERVICIO	S/. 50.00	S/. 50.00
Hueso de aceituna (Saco de 15 Kg.)	2	UNIDAD	S/. 15.40	S/. 30.80
Cáscara de coco	8	KG	S/. 4.00	S/. 32.00
TOTAL				S/. 1,852.00

Beneficio

En un mercado actual una Estufa Rocket de metal de medidas similares al modelo diseñado, se encuentra con un precio de 1600 Dólares (5200 Nuevos soles). Por lo tanto al fabricarla con recursos propios se estaría ahorrando 3347 Nuevos Soles.

$$ROI = \frac{\text{Beneficio} - \text{Inversion}}{\text{Inversion}}$$

$$ROI = \frac{3347 - 1852}{1852}$$

$$ROI = 0.81$$

- **Valor Actual Neto (VAN):**

Permitirá encontrar el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Si el valor actual neto resulta positivo se debería continuar con la inversión.

Se determinara si el proyecto es rentable el cual consta de una inversión inicial de 1852 Nuevos soles, para lo cual determinaremos el siguiente flujo en un periodo de 12 meses a una tasa de retorno del 6%

$$VAN = -I + \frac{Q}{(1+i)^1} + \frac{Q}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q}{(1+i)^n}$$

Donde:

I : Inversión (N.S)

Q: Representa el flujo de caja de cada periodo (N.S)

i : Tasa de interés (%)

n : Numero de periodos (años)

Tabla 25: Flujo de caja

Análisis económico en 1 año	Inversión	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos		3347	3347	3347	3347	3347	3347	3347	3347	3347	3347	3347	3347
Egresos		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Flujo Neto	-1852	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047	3047

$$VAN = -1852 + \frac{3047}{(1 + 0.6)^1} + \frac{3047}{(1 + 0.6)^2} + \frac{3047}{(1 + 0.6)^3} + \dots + \frac{3047}{(1 + 0.6)^{12}}$$

$$VAN = 3208.29$$

- **Tasa Interna de Retorno (TIR):**

Conocido como Tasa Interna de Retorno o Tasa de Rentabilidad, de una inversión es la medida geométrica de los rendimientos a futuros de dicha inversión.

Se puede utilizar también como un indicador de la rentabilidad de un proyecto o sea mayor TIR mayor rentabilidad.

$$VAN = -I + \frac{Q}{(1+i)^1} + \frac{Q}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q}{(1+i)^n} = 0$$

Donde:

VAN: 0

i : Tasa de interés (%)

$$VAN = -1852 + \frac{300}{(1+i)^1} + \frac{300}{(1+i)^2} + \frac{300}{(1+i)^3} + \dots + \frac{300}{(1+i)^{12}}$$

$$i = 12\%$$

Por lo tanto bajo los indicadores previamente evaluados se obtiene un resultado favorable con lo cual se reconoce que la inversión de este proyecto sería viable.

3.10. Comparar costos de diseño de la Estufa Rocket.

Costo de la Estufa Rocket diseñada: S/. 1852.

Costo de la Estufa Rocket Nueva: S/.5200.

La empresa A Y D Pioneer S.A.C. es una empresa dedicada a la fabricación de estructuras metálicas y a la actividad de desplumado de aves de corral.

El realizar dicha actividad de desplumado de aves de corral, genera un olor desagradable en las instalaciones de la empresa, por lo cual para eliminar los olores, los trabajadores utilizan la Cal de manera constante.

El uso de la Cal es perjudicial para la salud de los trabajadores de la empresa, por lo cual se propone fabricar una Estufa Rocket utilizando las especificaciones de diseño y material de Acero Inoxidable H525, produciendo un costo cómodo de fabricación de S/.1852. Se evaluó también la posibilidad de comprar una Estufa Rocket nueva con las condiciones de diseño, en un mercado actual se encuentra valorizada en S/. 5200, realizando una comparación simple, la empresa estaría ahorrando considerablemente la cantidad de S/. 3347.

CAPITULO 4

DISCUSION

4. DISCUSION

Las entrevistas realizadas para determinar las necesidades de la empresa “A Y D Pioneer S.A.C.” reportaron que el interés por parte de los trabajadores de dicha empresa, abarca las áreas que son: Dimensiones, cantidad de producción de carbón activado y el costo de fabricación. Asimismo, las normativas y recomendaciones de diseño orientaron la forma final del equipo y los rangos de ciertos parámetros importantes en el diseño desarrollado. Este proceso resultó ser importante para la obtención de los datos iniciales para los siguientes pasos de diseño: conceptual, de configuración y paramétrico.

Para el diseño conceptual de esta investigación se generaron los siguientes conceptos alternativos: Estufa rocket tipo “Lorena”, Estufa rocket tipo “Ecotec Rural”, Estufa rocket tipo “Onil”, Estufa rocket “de metal”.

Algunos de estos conceptos han sido utilizados en investigaciones preliminares tales como la realizadas por Álvarez Pablo (2009), MacCarty, Nordica et al. (2007), Usca Edwin (2015), Khan, Sabrina (2016), Montoya Mendoza y Serrano Aguirre (2016), entre otros. Sin embargo, se consideró que los cuatro conceptos mencionados son idóneos para el estudio de la combustión; dado que cada máquina cuenta con características mecánicas propias que finalmente se juntan para lograr una buena combustión; por lo que, resultaría insuficiente determinar cuál es la mejor alternativa sin evaluar las ventajas y desventajas que presenta cada una de ellas.

Para la selección de la mejor alternativa se realizó una matriz ponderada bajo los criterios de mantenimiento, durabilidad, consumo de combustible, tamaño y costo; la cual muestra que la Estufa Rocket de metal, es la alternativa más adecuada para producir carbones activados de cáscara de coco, por su durabilidad, facilidad de mantenimiento y tamaño.

Con la finalidad de encontrar la mejor opción para la geometría de la estructura de la máquina y así lograr un correcto desempeño, se realizó un diseño de configuración de las partes de la Estufa Rocket.

Se utilizó una matriz ponderada bajo los criterios de mantenimiento, durabilidad, consumo de combustible, tamaño y costo, la cual muestra configuración N°3 es la más adecuada. Esta configuración de las partes de la Estufa Rocket no han sido tomados en cuenta ni evaluados en los trabajos previos considerados para el desarrollo de la investigación y han asumido al diseño tradicional de la Estufa Rocket de metal, el cual consiste en una estructura en forma de L de forma cilíndrica o en forma de cajón, presentando una entrada de combustible en el mismo lugar por donde se realiza la entrada de aire.

Tomando en cuenta la información brindada en las entrevistas realizadas, el juicio ingenieril y las investigaciones previas, se determinaron las dimensiones generales de la máquina: 30 cm de largo; 88cm de altura y 10 cm de ancho. Estas medidas se basaron en las recomendaciones de diseño de Bryden Mark (2006), MacCarty Nordica (2013), Schumack Mark (2016) y Still Dean; Bentson Samuel; Li Haixi (2015), entre otros.

Se seleccionó el material de las partes de la Estufa Rocket. Para esto se examinaron dos materiales (Acero Inoxidable 304 y Acero Inoxidable H525) a través de una matriz ponderada, bajo los criterios de propiedades mecánicas, costo y disponibilidad. Los resultados de la matriz arrojaron que el Acero Inoxidable H525 era la alternativa más adecuada.

Se seleccionó el material a utilizar como aislante térmico para la estructura de la Estufa Rocket. Para esto se examinaron dos materiales (Perlita y Vermiculita) a través de una matriz ponderada, bajo los criterios de propiedades termo físicas, costo y disponibilidad. Los resultados de la matriz arrojaron que la Perlita era la alternativa más adecuada.

Durante el desarrollo de la investigación no se encontraron trabajos previos que reflejen el diseño paramétrico mediante el software de interface gráfica de usuarios (GUI), ni con el software ANSYS FLUENT.

Los resultados del cálculo realizado en el programa MATLAB (GUI) para obtener la temperatura promedio en la chimenea de la Estufa Rocket, al ser comparados con los resultados obtenidos en el programa ANSYS FLUENT, muestran un margen de error de 10.266%, lo cual está dentro de un rango aceptable.

El diseño desarrollado en este trabajo ha discurrido por los diferentes estadios del diseño de ingeniería según Eggert (2004) y Dieter y Schmidt (2014) , estos son: Determinación de necesidades de cliente, especificación de Problema mediante características de ingeniería, diseño Conceptual, diseño de configuración, diseño paramétrico, diseño de selección y diseño de detalle. Se puede apreciar que después de realizar cada estadio se puede tomar una decisión clara de ingeniería respecto del objeto de estudio en el que centra la etapa. Hay dos ventajas básicas en lo anterior: la exploración de posibilidades y la mejor de la toma de decisiones en forma sistemática. Este trabajo metodológico de diseño no se encontró en absoluto en los antecedentes revisados como por ejemplo: Álvarez Pablo (2009), MacCarty, Nordica et al. (2007), Usca Edwin (2015), Khan, Sabrina (2016), Montoya Mendoza y Serrano Aguirre (2016), entre otros.

Para la producción de carbón activado a partir de la cáscara de coco, según Luna (2007), es necesario que el precursor (cáscara de coco) sea sometido a altas temperaturas (800 °C), para así poder activarse y adquirir sus propiedades adsorbentes, por lo cual si se cumple con lo requerido, ya que, a través de las simulaciones realizadas en el programa ANSYS FLUENT, se logró alcanzar una temperatura máxima de 1700 K en la cámara de combustión.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

- Se concluye que el proceso de obtención de necesidades mediante entrevistas, familiarización con las normativas y/o recomendaciones de diseño y consolidado en especificaciones de rangos deseados para las dimensiones del equipo, brindó una secuencia adecuada que permitió un punto de partida para los siguientes pasos de diseño: Conceptual, de configuración y paramétrico. Se ratifica la utilidad de una metodología formal de diseño acorde con trabajos de diseño previos.
- Se concluye que para realizar el desarrollo eficaz de la máquina, fue necesario realizar un diseño de configuración de la geometría de sus componentes; con la finalidad de encontrar la configuración que cumpla de manera correcta y práctica con las funciones deseadas. Posteriormente se precisaron las dimensiones generales de la máquina, obteniendo las medidas de: 88cm de alto, 30 cm de largo y 10 cm de ancho.
- Se concluye que la utilización del programa ANSYS FLUENT, el cual se utilizó en el proceso de diseño y simulaciones de la geometría de la estructura de la Estufa Rocket, permite diseñar adecuadamente la geometría final de la máquina.
- Se concluye que para realizar una correcta combustión la relación aire/combustible es del 40%, esto se obtuvo mediante simulaciones realizadas en el programa ANSYS FLUENT, dando valores a los flujos másicos de entrada, obteniéndose los mejores resultados al ingresar el 40% de cantidad de combustible en relación a la cantidad de flujo másico de aire ingresado.
- Se concluye que la geometría del Ducto de Entrada de Aire, interviene de manera muy significativa al momento de realizar la combustión, esto se obtuvo a través de simulaciones realizadas en el programa ANSYS FLUENT,

obteniéndose el mejor resultado al dimensionar el mismo largo del Ducto de entrada de aire en relación con el del Alimentador de combustible.

- Se concluye que según el cálculo realizado en el programa MATLAB (GUI), la temperatura promedio alcanzada en la cámara de combustión es en promedio 1241.57 K, logrando cumplirse el requisito de temperatura mínima (800°C) para poder producir carbones activados.
- Se concluye que la parametrización en GUI no es un cálculo exacto que se asemeje de forma exacta a la realidad, en comparación al brindado por las simulaciones realizadas en el programa ANSYS FLUENT, pero al ser un método analítico sirve de apoyo para realizar el diseño paramétrico.
- Se concluye que el proyecto es rentable dado que el VAN es positivo (3208.29) con periodo de retorno 12 meses, además el TIR (12%) es mayor que la tasa de interés bancaria (3.85%) lo que demuestra que la inversión es atractiva. Del ROI (0.81%) se refuerza la idea de una buena rentabilidad económica.
- Se concluye que a través de las simulaciones realizadas en el programa ANSYS FLUENT, se logró alcanzar en la cámara de combustión de la Estufa Rocket, una temperatura máxima de 1800 K, lo cual cumple con el requisito de temperatura mínima (800 °C) para activar al precursor (cáscara de coco) y así brindarle sus propiedades adsorbentes.

CAPITULO 6

RECOMENDACIONES

6. RECOMENDACIONES

- Se propone la implementación de un artefacto recirculador de aire, para así aprovechar al máximo el flujo de aire que circula de la cámara de combustión hacia la chimenea.
- Investigar nuevos materiales estructurales que se puedan utilizar en las Estufas Rocket, cumpliendo con las normativas y/o recomendaciones de diseño.
- Realizar propuestas y selecciones acerca de la geometría de las partes de la Estufa Rocket, es decir, que sean más livianas, facilidad de montaje, facilidad de mantenimiento, facilidad de transporte y con bajos costos.
- Se recomienda realizar otras simulaciones más detalladas, utilizando distintos tipos de materiales y geometrías para la estructura, así como también otros tipos de biocombustibles.

REFERENCIAS

VII. REFERENCIAS

ÁLVAREZ PABLO, Harold J. *Estudio de cocinas mejoradas empleando leña y bosta como combustible*. Tesis (Ingeniero Mecánico). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2009.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE. *MANUAL PARA LA CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LA ESTUFA ECOLOGICA*. 2014.

BRYDEN, Mark, et al. Principios de diseño para estufas de cocción con leña. En *Principios de diseño para estufas de cocción con leña*. Aprovecho, 2006.

CASTRO ALARCON, Marcos A. Análisis económico del cultivo del olivo (*olea europaea* l) en la zona de Magollo, región Tacna. Tesis (Ingeniero en economía agraria). Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de ciencias agropecuarias, 2012.

CUZ CHAMÁN, Víctor. *Manual para estufas mejoradas dirigido a la Escuela Oficial Rural Mixta, Barrio Poza Azul I, Panzós, Alta Verapaz*. Asesora: Licda. Olga Marina Buc. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de humanidades, Departamento de pedagogía, Guatemala, 2012.

DE LA CRUZ BEJAR HEREDIA, María. *Obtención de aceites de orujo de oliva*. 2014.

DE YUSO ARIZA, Alicia. *Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano*. Directoras de doctorado: Mg. Teresa Izquierdo Pantoja; Mg. Rosa Pino Otín, Instituto de investigación del medioambiente y la sostenibilidad, Universidad San Jorge, Zaragoza, España, 2012.

DIETER, George Ellwood; SCHMIDT, Linda C. *Engineering design*. New York: McGraw-Hill, 2013.

DI RUSCIO, Nicolás. *Cocina Rocket de Metal*. Observatorio de energía y sustentabilidad, UTN, Facultad Regional Rosario, Argentina, 2015.

EGGERT, Rudy. *Engineering design*. Pearson/Prentice Hall, 2005.

EVANS, Ianto; JACKSON, Leslie. *Rocket mass heaters: Superefficient woodstoves YOU can build*. Cob Cottage Company, 2007.

FLORES ZAPANA, Ruth Madeleine. *Efectividad del uso de cocinas mejoradas en la prevalencia de las infecciones respiratorias agudas en niños menores de 5 años, parcialidad de Sihuinta - Puno, 2015*. Tesis (Licenciada en enfermería). Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Facultad de enfermería, 2015.

HUDELSON, Nordica A.; BRYDEN, K. M.; STILL, Dean. Global modeling and testing of rocket stove operating variations. *Department of Mechanical Engineering, Iowa State University, Ames, IA*, p. 50011-2161.

KHAN, Sabrina; HOSSAIN, Tania; RAHMAN, Md Mominur. Development of Portable Rocket Stove and Performance Evaluation. 2016.

Kurt Castro. 2015. Veo verde. [En línea] 19 de Febrero de 2015. [Citado el: 26 de Mayo de 2017.] <https://www.veoverde.com/2015/02/que-es-una-estufa-rocket-y-como-funciona/>.

LORENZO, Paola. *Pobreza energética. Energía utilizada para la cocción de alimentos*. Directora de Tesis: Ing. Mariela Beljansky. Centro de estudios de la actividad regulatoria energética, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2014.

LUNA, Donaciano, et al. Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *ContactoS*, 2007, vol. 64, no 10, p. 39-48

MACCARTY, Nordica, et al. Laboratory comparison of the global-warming potential of six categories of biomass cooking stoves. *Aprovecho Research Center*, 2007, vol. 6.

MACCARTY, Nordica; BRYDEN, Kenneth M. A heat transfer model for the conceptual design of a biomass cookstove for developing countries. *En Proceedings of the ASME 2013 International Design Engineering Technical Conference & Computer and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2013*. 2013. p. 4-7.

MACCARTY, Nordica A.; BRYDEN, Kenneth M. A generalized heat-transfer model for shielded-fire household cookstoves. *Energy for Sustainable Development*, 2016, vol. 33, p. 96-107.

MORENO, J., et al. De residuo a recurso. *El camino hacia la sostenibilidad*. Barcelona: Aedos, sa, 2014.

SAN MIGUEL, G.; GUTIÉRREZ, F. Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética. *Obtenido de Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética: <https://books.google.com.ec/books>*, 2015.

SCHREINER, Nicholas H. Performance characteristics and design recommendations for biomass-burning stoves using earthen construction materials. 2011.

SCHUMACK, Mark. A computational model for a rocket mass heater. *Applied Thermal Engineering*, 2016, vol. 93, p. 763-778.

SCOTT, Peter. Introduction of Rocket Stove Technologies (Institutional stoves, Household stoves and insulative refractory bricks) Into Mozambique. Draft Report: ProBEC South, 2004.

SERRANO AGUIRRE, Daniel, et al. *Diseño, análisis y construcción de una estufa de uso doméstico utilizando como fuente de combustible biomasa sólida*. 2016. Tesis de Licenciatura. Espol.

SEVILLA, U. MANUAL DEL CARBÓN ACTIVO. 2002.

STILL, Dean; BENTSON, Samuel; LI, Haixi. Results of laboratory testing of 15 cookstove designs in accordance with the ISO/IWA tiers of performance. *EcoHealth*, 2015, vol. 12, no 1, p. 12-24.

USCA ABAL, Edwin. Diseño y construcción de una cocina rural en forma de "L". 2015.

FLORES DEL VALLE, Wilfredo. Aprovechamiento agroindustrial del coco. 2001.

LUNA, Donaciano, et al. Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *ContactoS*, 2007, vol. 64, no 10, p. 39-48.

PILCO MAMANI, Verónica Jesús. Ahorro potencial de leña y disminución de la polución intradomiciliaria y aporte a la conservación de bosques mediante el empleo de cocinas y hornos mejorados validados. 2013.

VARGAS GARCÍA, María del Carmen, et al. *De residuo a recurso: El camino hacia la sostenibilidad*. 2014.

2016. Proyectos Peruanos. [En línea] 27 de Octubre de 2016. [Citado el: 25 de Mayo de 2017.] <http://proyectosperuanos.com/aceitunas/>.

2017. Radiocable. [En línea] 10 de Febrero de 2017. [Citado el: 24 de Mayo de 2017.] <http://www.radiocable.com/esp-productor-exportador-aceitunas101.html>.

ANEXOS

Anexo N° 1: Entrevista

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE DISEÑO DE LA EMPRESA “A Y D PIONEER S.A.C.”

EQUIPO A DISEÑAR : Estufa Rocket

ENTREVISTADO :

CARGO :

EMPRESA : A Y D PIONEER S.A.C.

UBICACIÓN : Calle Las Fabricas Urb. Semirústica El Bosque

ENTREVISTADOR : Brian Vásquez Bazán

CENTRO DE ESTUDIOS: Universidad César Vallejo

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

1) ¿Conoce usted sobre el tema de biocombustibles?

Si () No () Comentario:

2) ¿Sabía usted que la pepa de aceituna puede usarse para producir energía durante su combustión?

Si () No () Comentario:

3) ¿Sabía usted que la cáscara de coco puede utilizarse para producir carbones activados?

Si () No () Comentario:

4) ¿Qué idea tiene sobre el carbón activado?

.....
.....

5) ¿Sabía usted que el carbón activado puede ser utilizado tanto para usos domésticos así como industriales? Ejemplo: Purificación de aguas, desodorización de ambientes.

Si () No () Comentario:

6) ¿Conoce qué es una Estufa Rocket (cocina mejorada)?

Si () No () Comentario:

7) Existen diferentes tipos de cocinas mejoradas, ¿Conoce algunas junto con sus ventajas y desventajas?

Si () No () Comentario:

8) ¿Sabía usted que una Estufa Rocket puede producir carbones activados?

Si () No () Comentario:

9) ¿Es de su interés el poder contar con una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo para producir carbón activado? ¿Porque?

Si () No () Comentario:

10) ¿Qué volumen de producción diaria de carbón activado sería adecuada para su empresa?

1 kg/día () 2 kg/día () 4 kg/día () 5 kg/día () Otro:.....

11) En su opinión ¿Qué dimensiones serían adecuadas para la Estufa Rocket?

.....
.....

12) ¿Qué espacio de trabajo sería adecuado para este tipo de máquina? (Ejemplo: 2mx3mx3m)?

.....
.....

13) ¿Qué otro uso le daría a la Estufa Rocket en la empresa?

.....
.....

14) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una Estufa Rocket que produce carbón activado?

S/.2000 () S/.3000 () S/. 4000 () S/. 5000 () Otro precio:.....

15) ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo?

.....
.....

Anexo N° 2: Entrevistas realizadas

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE DISEÑO DE LA EMPRESA “A Y D PIONEER S.A.C.”

EQUIPO A DISEÑAR : Estufa Rocket
ENTREVISTADO : Miguel Ángel Agreda Castillo
CARGO : Gerente General
EMPRESA : A Y D PIONEER S.A.C.
UBICACIÓN : Calle Las Fabricas Urb. Semirústica El Bosque
ENTREVISTADOR : Brian Vásquez Bazán
CENTRO DE ESTUDIOS: Universidad César Vallejo

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

16)¿Conoce usted sobre el tema de biocombustibles?

Si (X) No () Comentario:

17)¿Sabía usted que la pepa de aceituna puede usarse para producir energía durante su combustión?

Si () No (X) Comentario:

18)¿Sabía usted que la cáscara de coco puede utilizarse para producir carbones activados?

Si () No (X) Comentario:

19)¿Qué idea tiene sobre el carbón activado?

Ninguna

20)¿Sabía usted que el carbón activado puede ser utilizado tanto para usos domésticos así como industriales? Ejemplo: Purificación de aguas, desodorización de ambientes.

Si (☐) No (X) Comentario:

21)¿Conoce qué es una Estufa Rocket (cocina mejorada)?

Si (☐) No (X) Comentario:

22)Existen diferentes tipos de cocinas mejoradas, ¿Conoce algunas junto con sus ventajas y desventajas?

Si (☐) No (X) Comentario:

23)¿Sabía usted que una Estufa Rocket puede producir carbones activados?

Si (☐) No (X) Comentario:

24)¿Es de su interés el poder contar con una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo para producir carbón activado? ¿Porque?

Si (X) No (☐) Comentario: Porque me parece una inversión interesante.

25)¿Qué volumen de producción diaria de carbón activado seria adecuada para su empresa?

1 kg/día (☐) 2 kg/día (☐) 4 kg/día (☐) 5 kg/día (X) Otro:.....

26) En su opinión ¿Qué dimensiones serían adecuadas para la Estufa Rocket?

Que no sea muy grande ni robusta, que mida aproximadamente unos 80 cm de alto, 50 cm de largo y 30 cm de ancho.

27) ¿Qué espacio de trabajo sería adecuado para este tipo de máquina? (Ejemplo: 2mx3mx3m)?

1mx1.5mx2m

28) ¿Qué otro uso le daría a la Estufa Rocket en la empresa?

Uso doméstico (cocinar alimentos), para hervir el agua en el área de procesamiento de aves, desodorizar ambientes.

29) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una Estufa Rocket que produce carbón activado?

S/.2000 () S/.3000 () S/. 4000 () S/. 5000 () Otro precio: S/.1500

30) ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo?

De 2-3 meses aproximadamente.

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE DISEÑO DE LA EMPRESA
“A Y D PIONEER S.A.C.”**

EQUIPO A DISEÑAR : Estufa Rocket
ENTREVISTADO : José Anotnio Romero Espinoza
CARGO : Jefe del área de manufactura
EMPRESA : A Y D PIONEER S.A.C.
UBICACIÓN : Calle Las Fabricas Urb. Semirústica El Bosque
ENTREVISTADOR : Brian Vásquez Bazán
CENTRO DE ESTUDIOS: Universidad César Vallejo

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

1) ¿Conoce usted sobre el tema de biocombustibles?

Si (X) No () Comentario:

2) ¿Sabía usted que la pepa de aceituna puede usarse para producir energía durante su combustión?

Si () No (X) Comentario:

3) ¿Sabía usted que la cáscara de coco puede utilizarse para producir carbones activados?

Si () No (X) Comentario:

4) ¿Qué idea tiene sobre el carbón activado?

Que sirve para cocinar alimentos.

5) ¿Sabía usted que el carbón activado puede ser utilizado tanto para usos domésticos así como industriales? Ejemplo: Purificación de aguas, desodorización de ambientes.

Si (☐) No (X) Comentario:

6) ¿Conoce qué es una Estufa Rocket (cocina mejorada)?

Si (X) No (☐) Comentario: Sé que contamina menos que cocinar con leña.

7) Existen diferentes tipos de cocinas mejoradas, ¿Conoce algunas junto con sus ventajas y desventajas?

Si (☐) No (X) Comentario:

8) ¿Sabía usted que una Estufa Rocket puede producir carbones activados?

Si (☐) No (X) Comentario:

9) ¿Es de su interés el poder contar con una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo para producir carbón activado? ¿Porque?

Si (X) No (☐) Comentario: Porque podríamos utilizar tanto la máquina como lo que produce, para diversas tareas.

10) ¿Qué volumen de producción diaria de carbón activado seria adecuada para su empresa?

1 kg/día (☐) 2 kg/día (☐) 4 kg/día (☐) 5 kg/día (X) Otro:.....

11) En su opinión ¿Qué dimensiones serían adecuadas para la Estufa Rocket?

Que sea de tamaño pequeño – mediano, aproximadamente 60 cm de alto x 60 cm de largo x 30 cm de ancho.

12) ¿Qué espacio de trabajo sería adecuado para este tipo de máquina? (Ejemplo: 2mx3mx3m)?

2mx2mx3m

13) ¿Qué otro uso le daría a la Estufa Rocket en la empresa?

Para forjar piezas metálicas.

14) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una Estufa Rocket que produce carbón activado?

S/.2000 (X) S/.3000 () S/. 4000 () S/. 5000 () Otro precio:

15) ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo?

De 3-4 meses aproximadamente.

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE DISEÑO DE LA EMPRESA
“A Y D PIONEER S.A.C.”**

EQUIPO A DISEÑAR : Estufa Rocket
ENTREVISTADO : Mario Oswaldo Dávila Orbe
CARGO : Soldador
EMPRESA : A Y D PIONEER S.A.C.
UBICACIÓN : Calle Las Fabricas Urb. Semirústica El Bosque
ENTREVISTADOR : Brian Vásquez Bazán
CENTRO DE ESTUDIOS: Universidad César Vallejo

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

1) ¿Conoce usted sobre el tema de biocombustibles?

Si (X) No () Comentario:

2) ¿Sabía usted que la pepa de aceituna puede usarse para producir energía durante su combustión?

Si () No (X) Comentario:

3) ¿Sabía usted que la cáscara de coco puede utilizarse para producir carbones activados?

Si () No (X) Comentario:

4) ¿Qué idea tiene sobre el carbón activado?

Desconosco.

5) ¿Sabía usted que el carbón activado puede ser utilizado tanto para usos domésticos así como industriales? Ejemplo: Purificación de aguas, desodorización de ambientes.

Si () No (X) Comentario:

6) ¿Conoce qué es una Estufa Rocket (cocina mejorada)?

Si () No (X) Comentario:

7) Existen diferentes tipos de cocinas mejoradas, ¿Conoce algunas junto con sus ventajas y desventajas?

Si () No (X) Comentario:

8) ¿Sabía usted que una Estufa Rocket puede producir carbones activados?

Si () No (X) Comentario:

**9) ¿Es de su interés el poder contar con una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo para producir carbón activado?
¿Porque?**

Si (X) No () Comentario: Porque me parece interesante que tengas muchas aplicaciones esta máquina.

10) ¿Qué volumen de producción diaria de carbón activado seria adecuada para su empresa?

1 kg/día () 2 kg/día () 4 kg/día (X) 5 kg/día () Otro:.....

11) En su opinión ¿Qué dimensiones serían adecuadas para la Estufa Rocket?

70 cm de alto x 80 cm de largo x 40 cm de ancho.

12) ¿Qué espacio de trabajo sería adecuado para este tipo de máquina? (Ejemplo: 2mx3mx3m)?

1.5mx2mx3m

13) ¿Qué otro uso le daría a la Estufa Rocket en la empresa?

Para corregir la forma de las piezas defectuosas mediante el proceso de forjado.

14) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una Estufa Rocket que produce carbón activado?

S/.2000 () S/.3000 () S/. 4000 () S/. 5000 () Otro precio: S/.1200

15) ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo?

Aproximadamente de 3-4 meses.

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE DISEÑO DE LA EMPRESA
“A Y D PIONEER S.A.C.”**

EQUIPO A DISEÑAR : Estufa Rocket
ENTREVISTADO : Paolo Ortega Agreda
CARGO : Técnico/Obrero
EMPRESA : A Y D PIONEER S.A.C.
UBICACIÓN : Calle Las Fabricas Urb. Semirústica El Bosque
ENTREVISTADOR : Brian Vásquez Bazán
CENTRO DE ESTUDIOS: Universidad César Vallejo

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (✓) o en otro caso responder a la interrogante.

1) ¿Conoce usted sobre el tema de biocombustibles?

Si () No (X) Comentario:

2) ¿Sabía usted que la pepa de aceituna puede usarse para producir energía durante su combustión?

Si () No (X) Comentario:

3) ¿Sabía usted que la cáscara de coco puede utilizarse para producir carbones activados?

Si () No (X) Comentario:

4) ¿Qué idea tiene sobre el carbón activado?

Ninguna.

5) ¿Sabía usted que el carbón activado puede ser utilizado tanto para usos domésticos así como industriales? Ejemplo: Purificación de aguas, desodorización de ambientes.

Si (☐) No (X) Comentario:

6) ¿Conoce qué es una Estufa Rocket (cocina mejorada)?

Si (☐) No (X) Comentario:

7) Existen diferentes tipos de cocinas mejoradas, ¿Conoce algunas junto con sus ventajas y desventajas?

Si (☐) No (X) Comentario:

8) ¿Sabía usted que una Estufa Rocket puede producir carbones activados?

Si (☐) No (X) Comentario:

9) ¿Es de su interés el poder contar con una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo para producir carbón activado? ¿Porque?

Si (X) No (☐) Comentario: Porque puede ser útil para varias tareas.

10) ¿Qué volumen de producción diaria de carbón activado sería adecuada para su empresa?

1 kg/día (☐) 2 kg/día (☐) 4 kg/día (X) 5 kg/día (☐) Otro:.....

11) En su opinión ¿Qué dimensiones serían adecuadas para la Estufa Rocket?

70 cm de largo x 100 cm de ancho x 100 cm de alto.

**12) ¿Qué espacio de trabajo sería adecuado para este tipo de máquina?
(Ejemplo: 2mx3mx3m)?**

1mx2mx3m

13) ¿Qué otro uso le daría a la Estufa Rocket en la empresa?

Para purificar el agua que se consume en el taller.

14) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una Estufa Rocket que produce carbón activado?

S/2000 () S/3000 () S/ 4000 () S/ 5000 () Otro precio: S/1500

15) ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo?

De 2 meses aproximadamente.

**ENTREVISTA PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE DISEÑO DE LA EMPRESA
“A Y D PIONEER S.A.C.”**

EQUIPO A DISEÑAR : Estufa Rocket
ENTREVISTADO : Faustino Ramírez Alcántara
CARGO : Jefe de área de procesamiento de aves
EMPRESA : A Y D PIONEER S.A.C.
UBICACIÓN : Calle Las Fabricas Urb. Semirústica El Bosque
ENTREVISTADOR : Brian Vásquez Bazán
CENTRO DE ESTUDIOS: Universidad César Vallejo

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

¿Conoce usted sobre el tema de biocombustibles?

Si () No (X) Comentario:

1) ¿Sabía usted que la pepa de aceituna puede usarse para producir energía durante su combustión?

Si () No (X) Comentario:

2) ¿Sabía usted que la cáscara de coco puede utilizarse para producir carbones activados?

Si () No (X) Comentario:

3) ¿Qué idea tiene sobre el carbón activado?

Ninguna.

4) ¿Sabía usted que el carbón activado puede ser utilizado tanto para usos domésticos así como industriales? Ejemplo: Purificación de aguas, desodorización de ambientes.

Si () No (X) Comentario:

5) ¿Conoce qué es una Estufa Rocket (cocina mejorada)?

Si () No (X) Comentario:

6) Existen diferentes tipos de cocinas mejoradas, ¿Conoce algunas junto con sus ventajas y desventajas?

Si () No (X) Comentario:

7) ¿Sabía usted que una Estufa Rocket puede producir carbones activados?

Si () No (X) Comentario:

8) ¿Es de su interés el poder contar con una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo para producir carbón activado? ¿Porque?

Si (X) No () Comentario: Podría utilizarlo en el proceso del desplumado de aves.

9) ¿Qué volumen de producción diaria de carbón activado seria adecuada para su empresa?

1 kg/día () 2 kg/día (X) 4 kg/día () 5 kg/día (X) Otro:.....

10) En su opinión ¿Qué dimensiones serían adecuadas para la Estufa Rocket?

Preferiblemente que sea pequeña, que no ocupe mucho espacio, 60 cm de largo x 40 cm de ancho x 100 cm de alto.

11) ¿Qué espacio de trabajo sería adecuado para este tipo de máquina? (Ejemplo: 2mx3mx3m)?

1mx1mx3m.

12) ¿Qué otro uso le daría a la Estufa Rocket en la empresa?

Eliminar malos olores utilizando el carbón activado.

13) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una Estufa Rocket que produce carbón activado?

S/.2000 () S/.3000 () S/. 4000 () S/. 5000 () Otro precio: S/.900

14) ¿En cuánto tiempo piensa que podría recuperar la inversión de comprar una Estufa Rocket que utiliza biocombustibles de bajo costo?

2 meses aproximadamente.

Anexo N° 3: Datos técnicos del Acero Inoxidable H525

H 525	AISI : 314
ANTITHERM FFB	DIN : X 15 Cr Ni Si 25.20
	W N° : 1.4841

Tipo de aleación : C 0,08 Si 1,70 Mn 1,20 Cr 24,8 Ni 19,8 %
 Color de identificación : Rojo - Negro.
 Estado de suministro : Apagado 223 HB máx.

Acero especial antitérmico aleado al cromo-níquel, de estructura austenítica, con muy alta resistencia al calor hasta 1150°C en aire.

Muy buena resistencia en atmósferas oxidantes, gases nitrosos, así como en gases pobres de oxígeno. En gases sulfurosos y reductores hasta temperaturas máx de 650°C

Muy apropiado para trabajar con sales de cianuro o cobre fundido. Insensible a la cementación.

APLICACIONES: Para toda clase de elementos que trabajen a una temperatura de más de 900 °C como caja, olas, crisoles y dispositivos en plantas de tratamientos térmicos. En la construcción de hornos y calderos como por ejemplo parrillas, armaduras, pernos, nipples y quemadores. También en la industria de vidrios, porcelana, cementos, ladrillos y petroquímica.

Estado de empleo: Apagado.

INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO

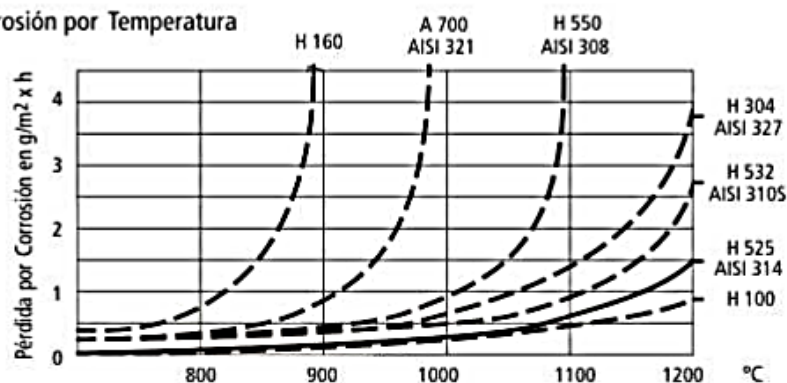
Forjado: 1150 - 750 °C Enfriamiento al aire

Apagar: Al agua dimensiones menores al aire 1050 - 1100 °C

Soldadura: BOEHLERANTITHERM FFB, es fácilmente soldable. Se recomienda la soldadura eléctrica, para planchas muy delgadas, preferiblemente con protección de argón.

Los electrodos recomendables son: BÖHLER UTP 68 H/TIG:A 68H

Corrosión por Temperatura



VALORES FÍSICOS									
Peso específico Kg/dm³	Módulo de elasticidad a 20 °C Kg/ mm.	Resistencia eléctrica a 20 °C Ohm. Mm²/m	Conductividad térmica a 20 °C cal/cm s. °C	Calor específico a 20 °C cal/g °C	Dilatación térmica*10 m/m °C entre 20 °C y				Susceptibilidad de ser magnetizado
					400°	800°	1000°	1200°	
7.9	20.000	0.95	0.031	0.12	17.0	18.0	19.0	19.5	ninguna



Anexo 4: Valores de datos técnicos y propiedades utilizadas en la simulación

Tabla 24: Datos Técnicos Acero Inoxidable H525 (Para simulación)

DATOS TECNICOS ACERO INOXIDABLE H525 (Para simulación)		
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Densidad	7890	Kg/m ³
Calor Específico (Cp)	460	J/Kg°K
Conductividad Térmica	45	W/m°K

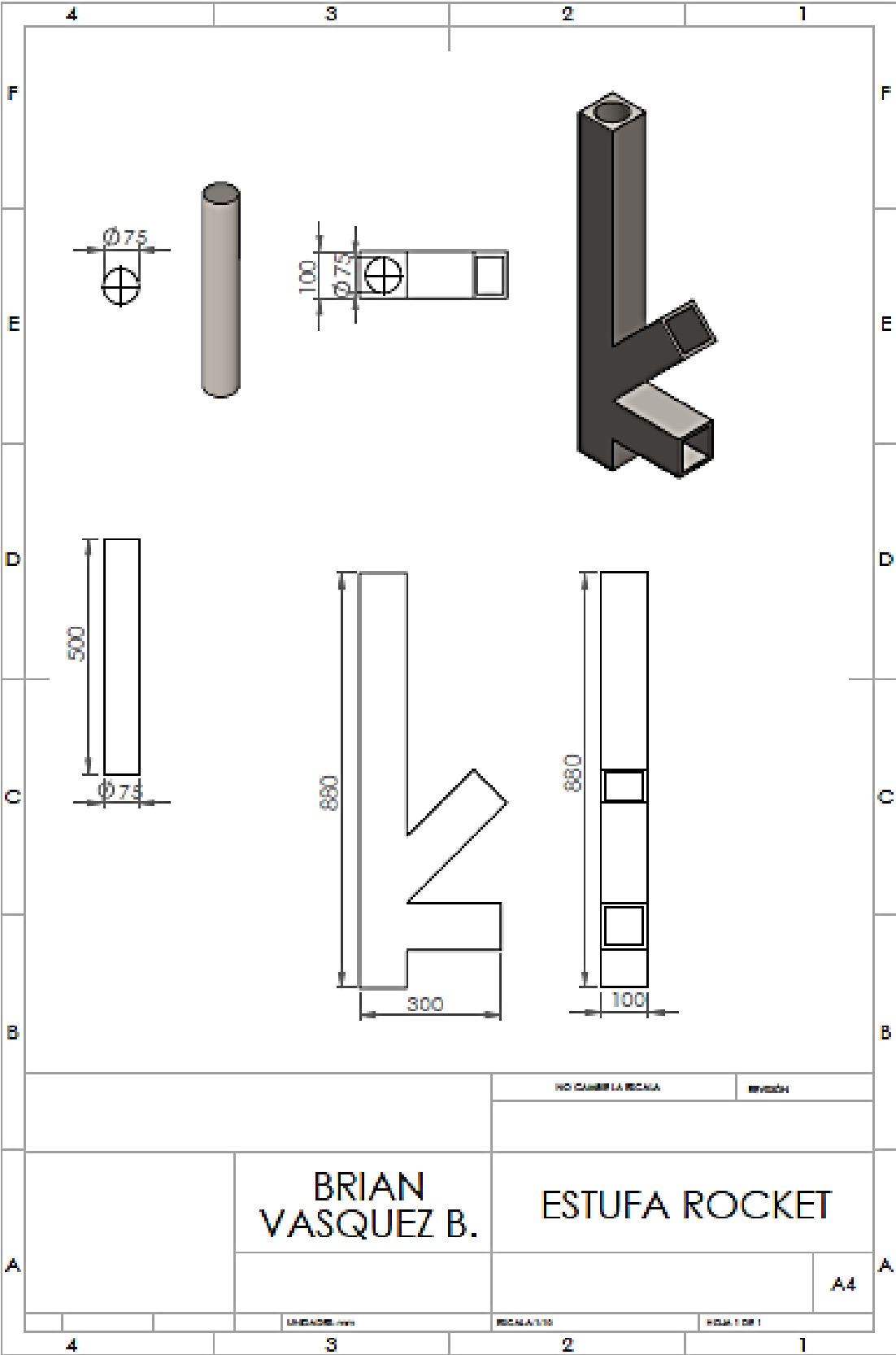
Tabla 15: Propiedades del aire a 300°K

PROPIEDADES DEL AIRE A 300°K		
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Densidad	1.1774	Kg/m ³
Calor específico (Cp)	1006	J/Kg°K
Viscosidad	1.983e ⁻⁵	Kg/m-s
Peso Molecular	28.97	Kg/kmol

Tabla 26: Propiedades del Hueso de Aceituna

PROPIEDADES TERMO FÍSICAS DEL HUESO DE ACEITUNA		
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Densidad	650	Kg/m ³
Calor específico	3275	J/Kg°K
Conductividad Térmica	2.62	W/m°K
Poder Calorífico	4.450	Kcal/Kg

Anexo N° 5: Plano general

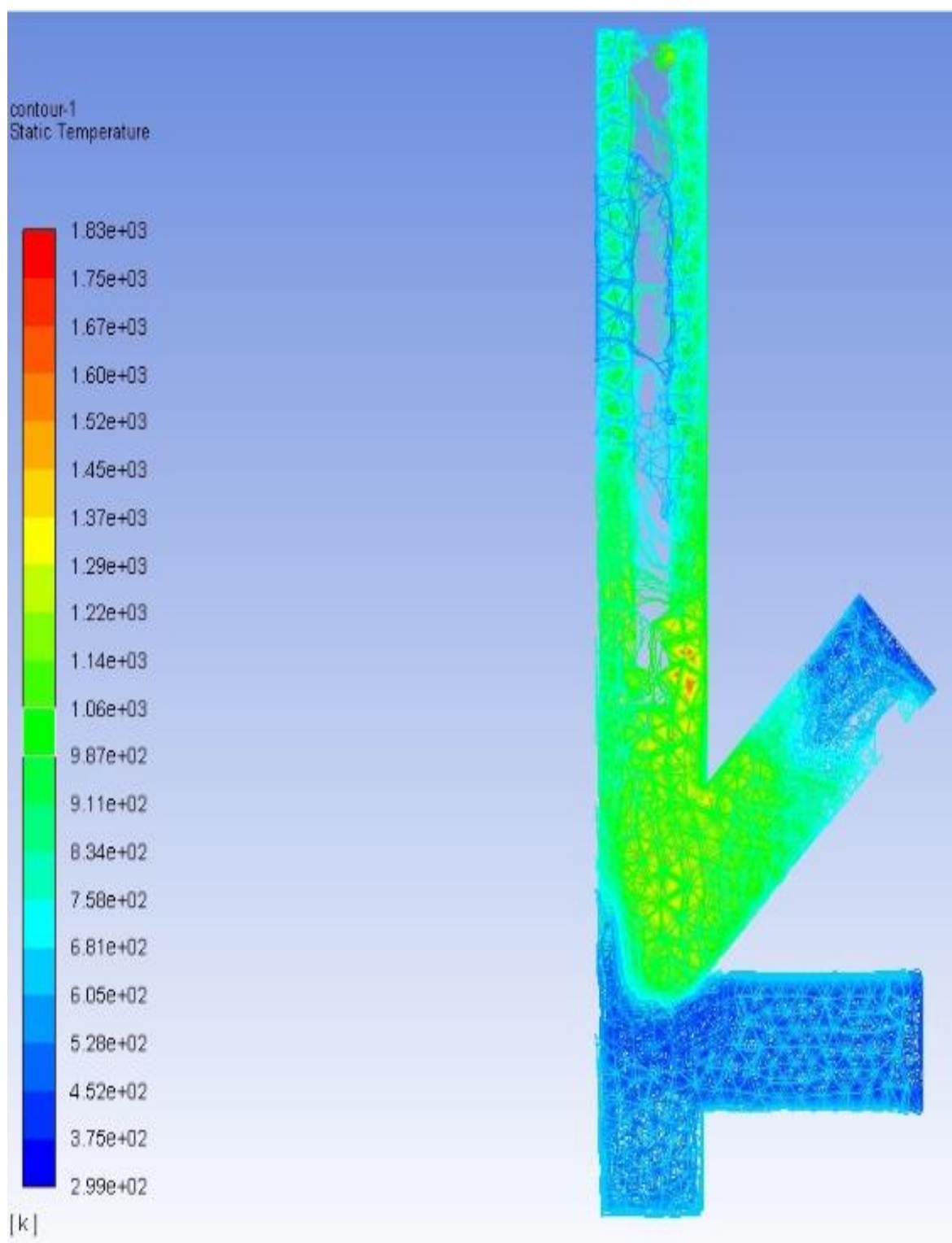


Nº de elemento	Descripción
1	Ducto de entrada de aire
2	Alimentador de combustible
3	Cenicero
4	Cámara de combustión
5	Chimenea
6	Cápsula del precursor
7	Aislante Térmico

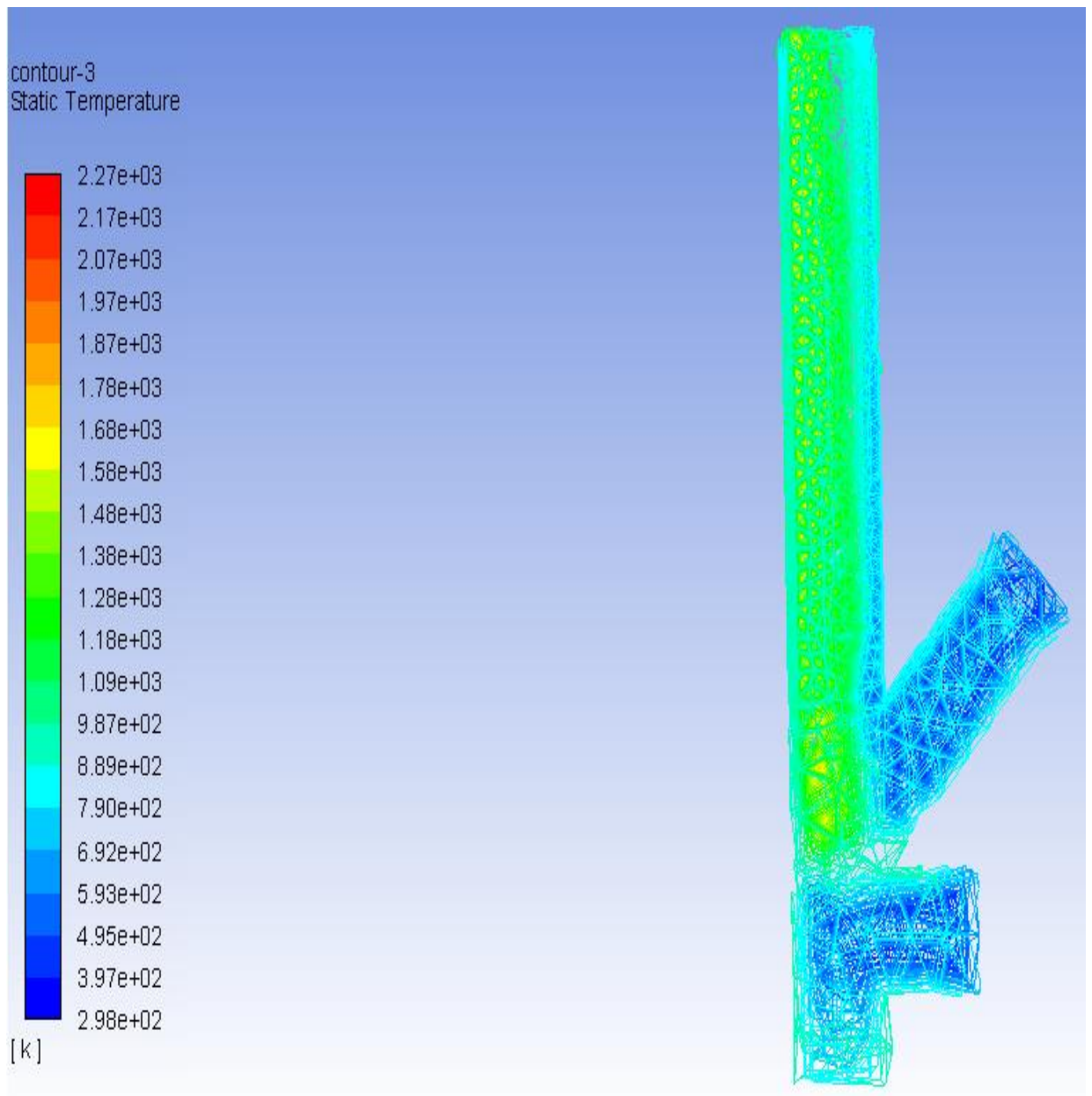
Anexo N° 7: Plano Explotado

4	3	2	1																																										
F			F																																										
E			E																																										
D			D																																										
C			C																																										
B			B																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">N° de elemento</th> <th style="width: 80%;">Nombre de la pieza</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Ducto de entrada de aire</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Alimentador de combustible</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Cenicero</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Rejilla del cenicero</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Compuerta reguladora de caudal de aire</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td>Cámara de combustión y chimenea</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td>Cápsula de carbón activado</td> </tr> </tbody> </table>		N° de elemento	Nombre de la pieza	1	Ducto de entrada de aire	2	Alimentador de combustible	3	Cenicero	4	Rejilla del cenicero	5	Compuerta reguladora de caudal de aire	6	Cámara de combustión y chimenea	7	Cápsula de carbón activado																												
N° de elemento	Nombre de la pieza																																												
1	Ducto de entrada de aire																																												
2	Alimentador de combustible																																												
3	Cenicero																																												
4	Rejilla del cenicero																																												
5	Compuerta reguladora de caudal de aire																																												
6	Cámara de combustión y chimenea																																												
7	Cápsula de carbón activado																																												
SI NO SE INDICA LO CONTINÚO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TORNEADO: UNIFORME AVANZADO:		ACABADO:	REVISIÓN Y COMPROBACIÓN VISUAL																																										
NO CAMBIE LA ESCALA		INVERSIÓN																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">COTAS</th> <th style="width: 10%;">NOMBRE</th> <th style="width: 10%;">FECHA</th> <th style="width: 10%;">FECHA</th> <th style="width: 10%;">FECHA</th> <th style="width: 10%;">FECHA</th> <th style="width: 10%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		COTAS	NOMBRE	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA																																				TÍTULO: <h1 style="margin: 0;">Plano explotado</h1>	
COTAS	NOMBRE	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA																																							
CALD. MATERIAL: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100		N° DE DIBUJO: <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">A4</div>																																											
Unidades: mm		ESCALA: 1/10																																											
FOLIO 1 DE 1																																													
4	3	2	1																																										

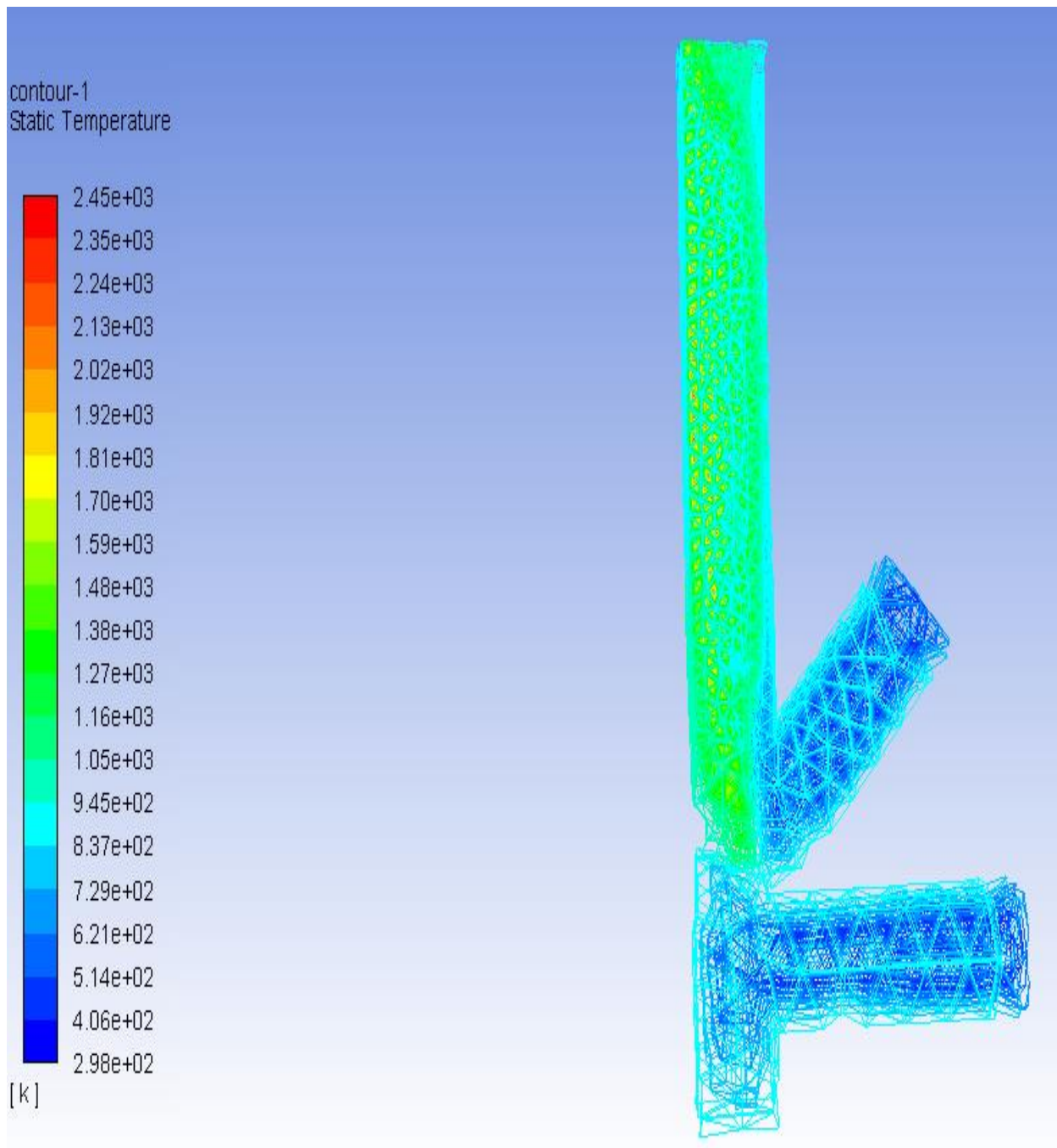
Anexo N° 10: Simulación de temperatura (Configuración N° 1)



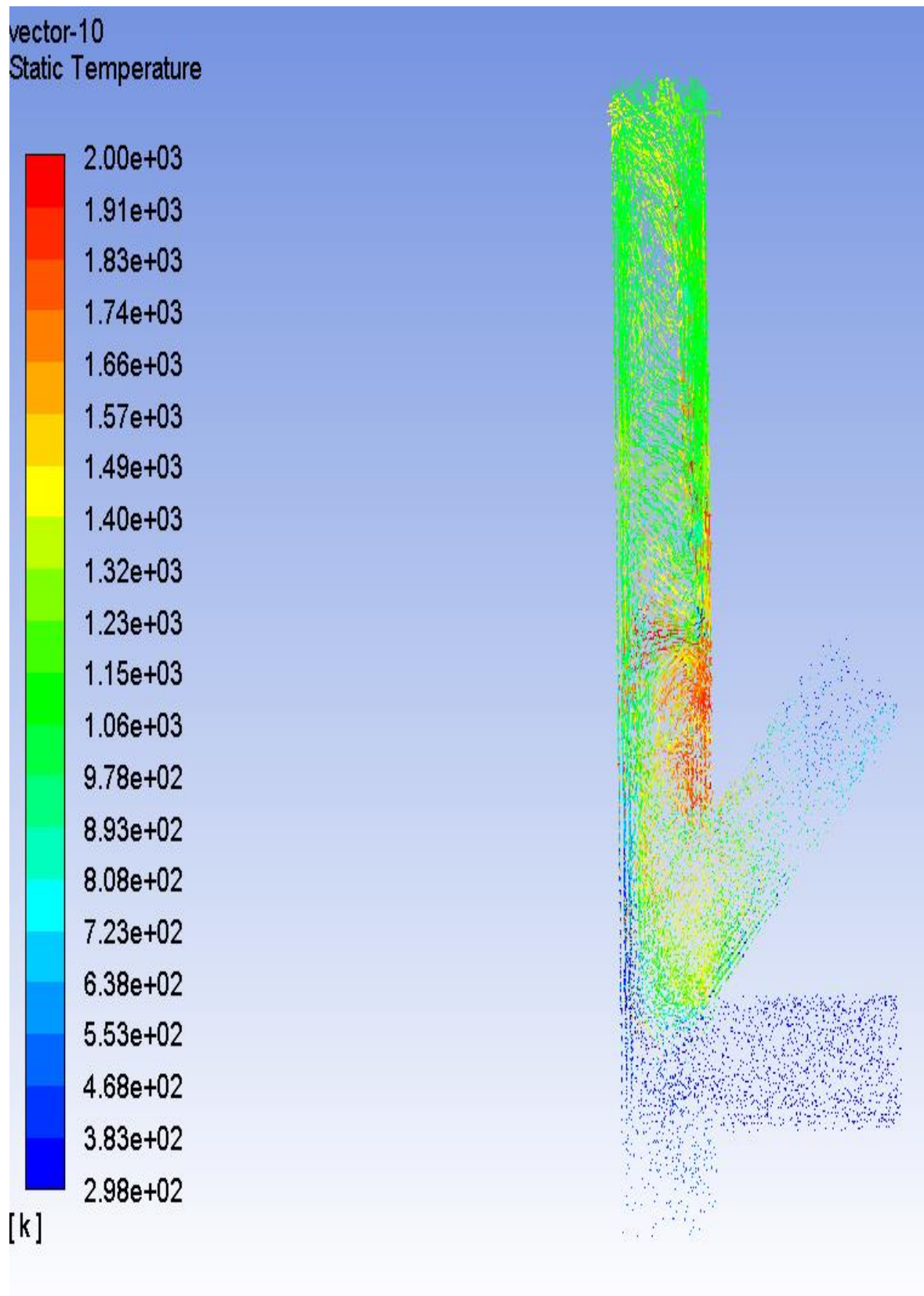
Anexo N° 11: Simulación de temperatura (Configuración N° 2)



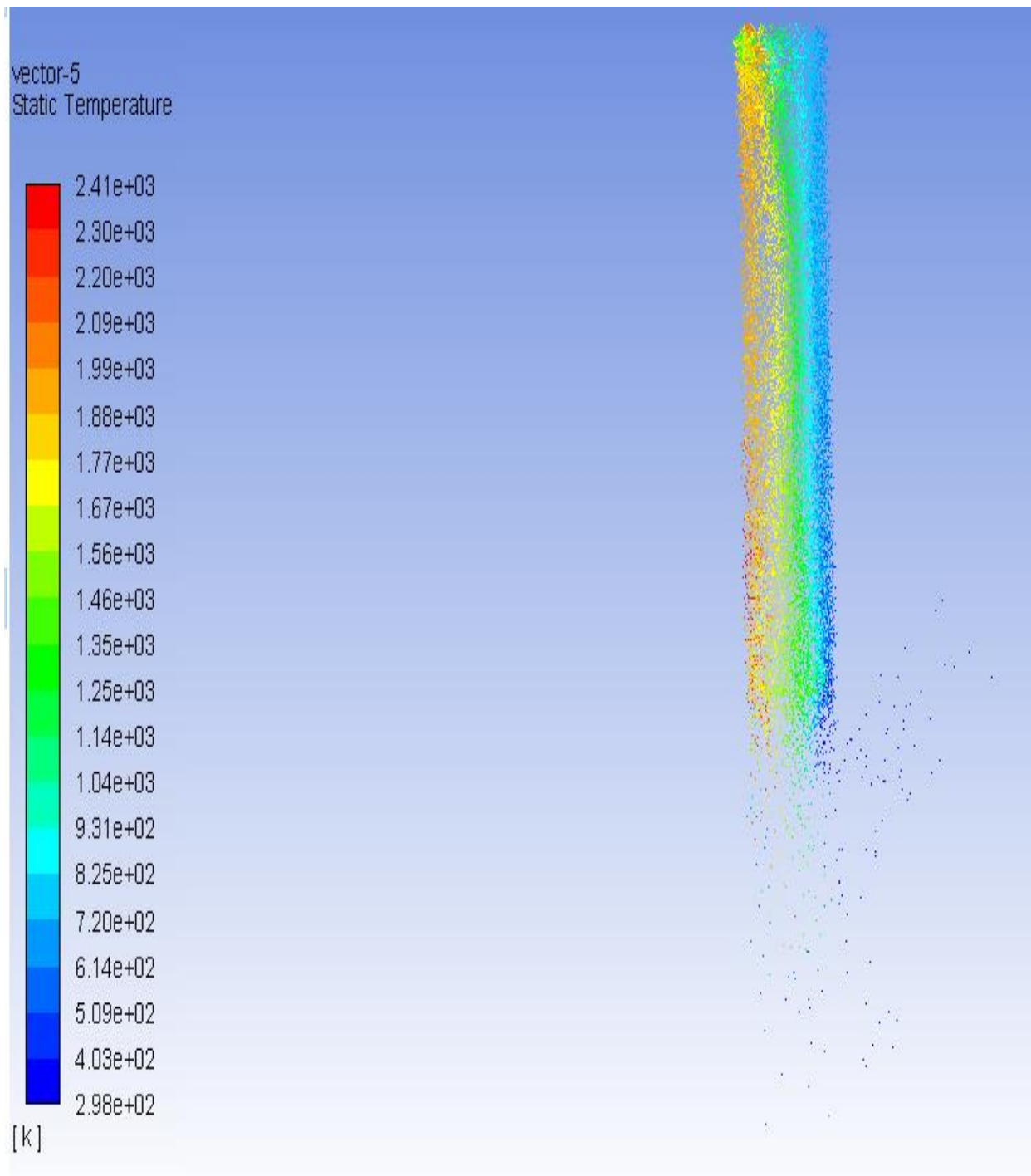
Anexo N° 12: Simulación de temperatura (Configuración N° 3)



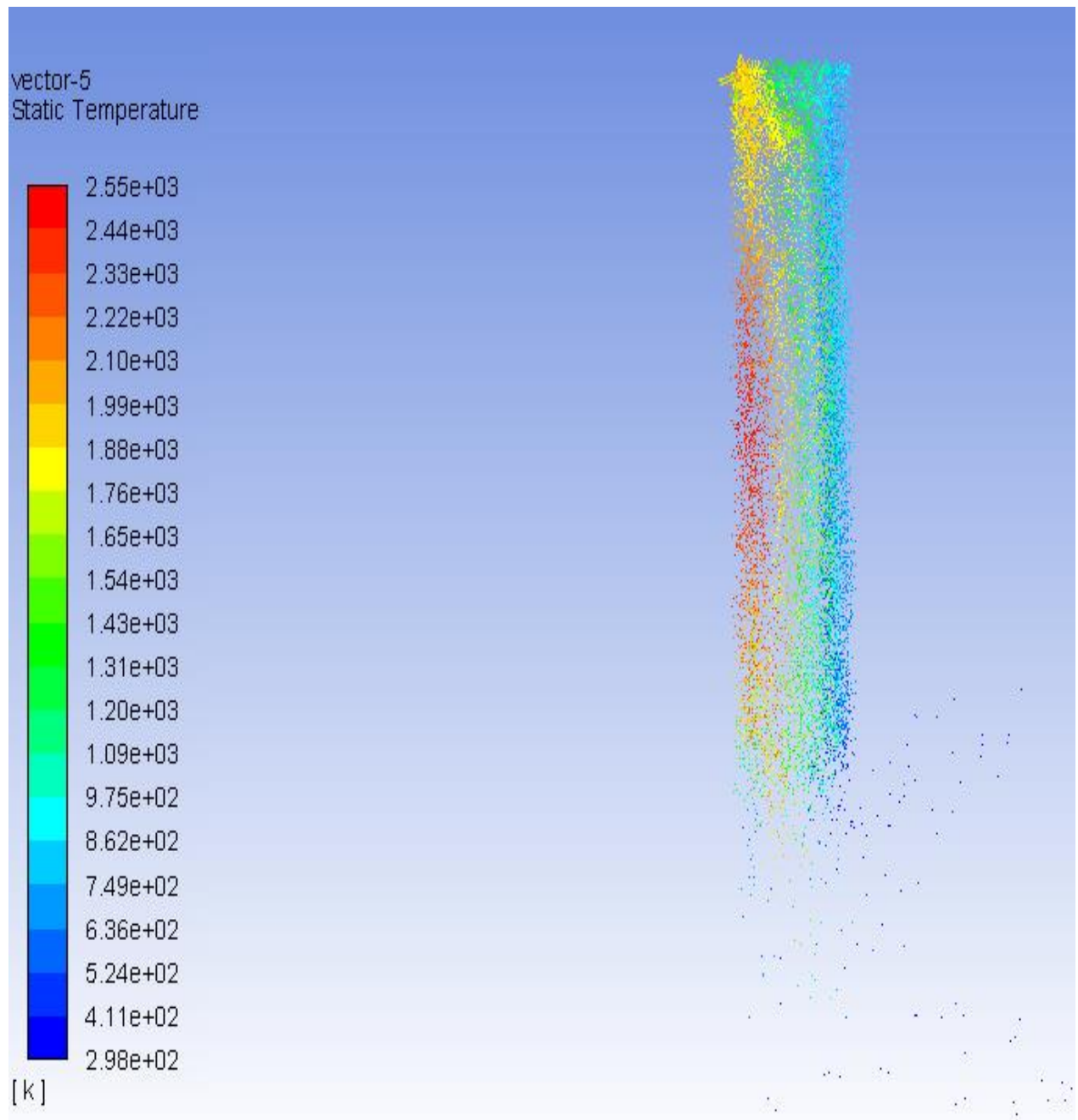
Anexo N° 13: Simulación de temperatura en vectores
(Configuración N° 1)



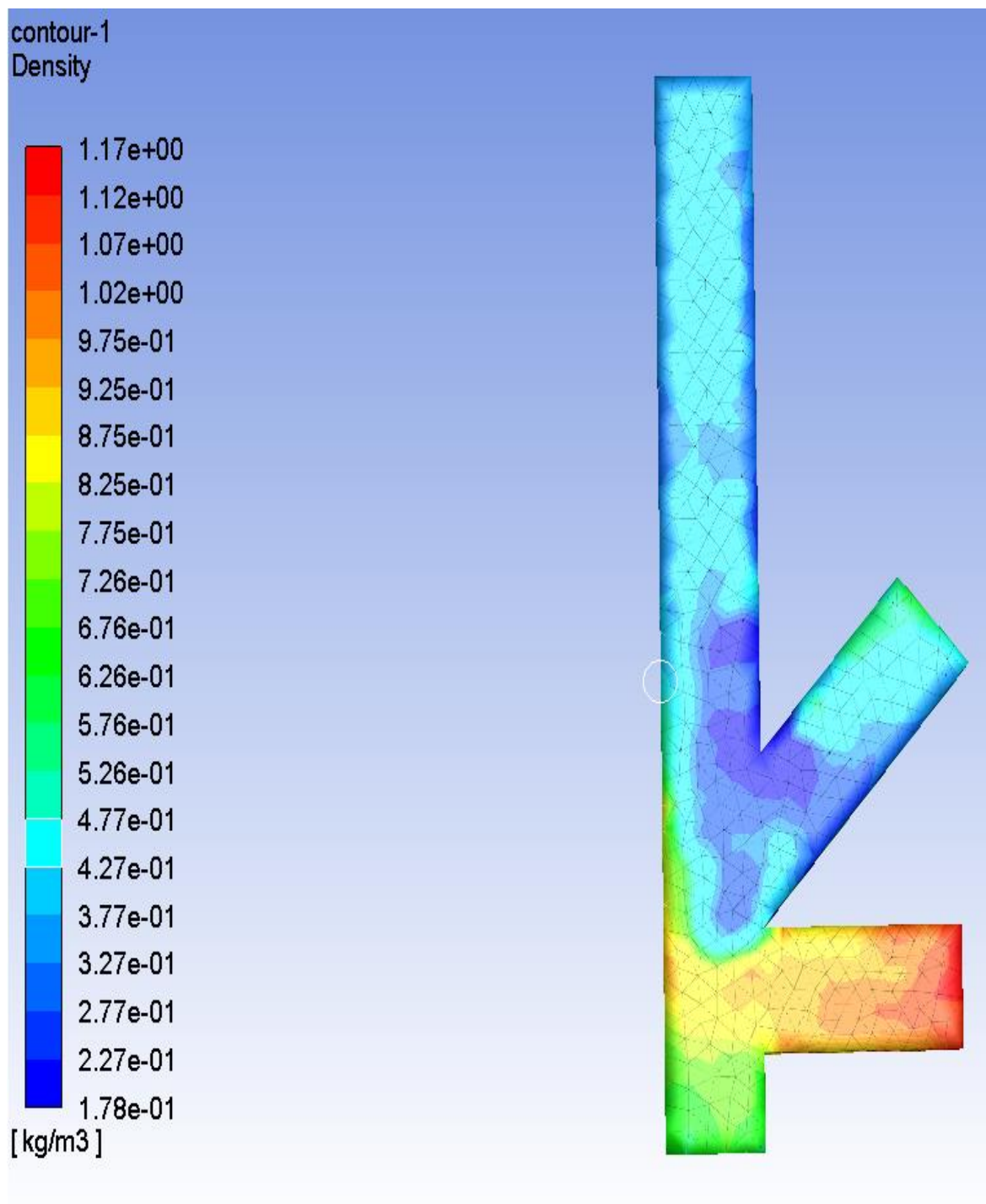
**Anexo N° 14: Simulación de temperatura en vectores
(Configuración N° 2)**



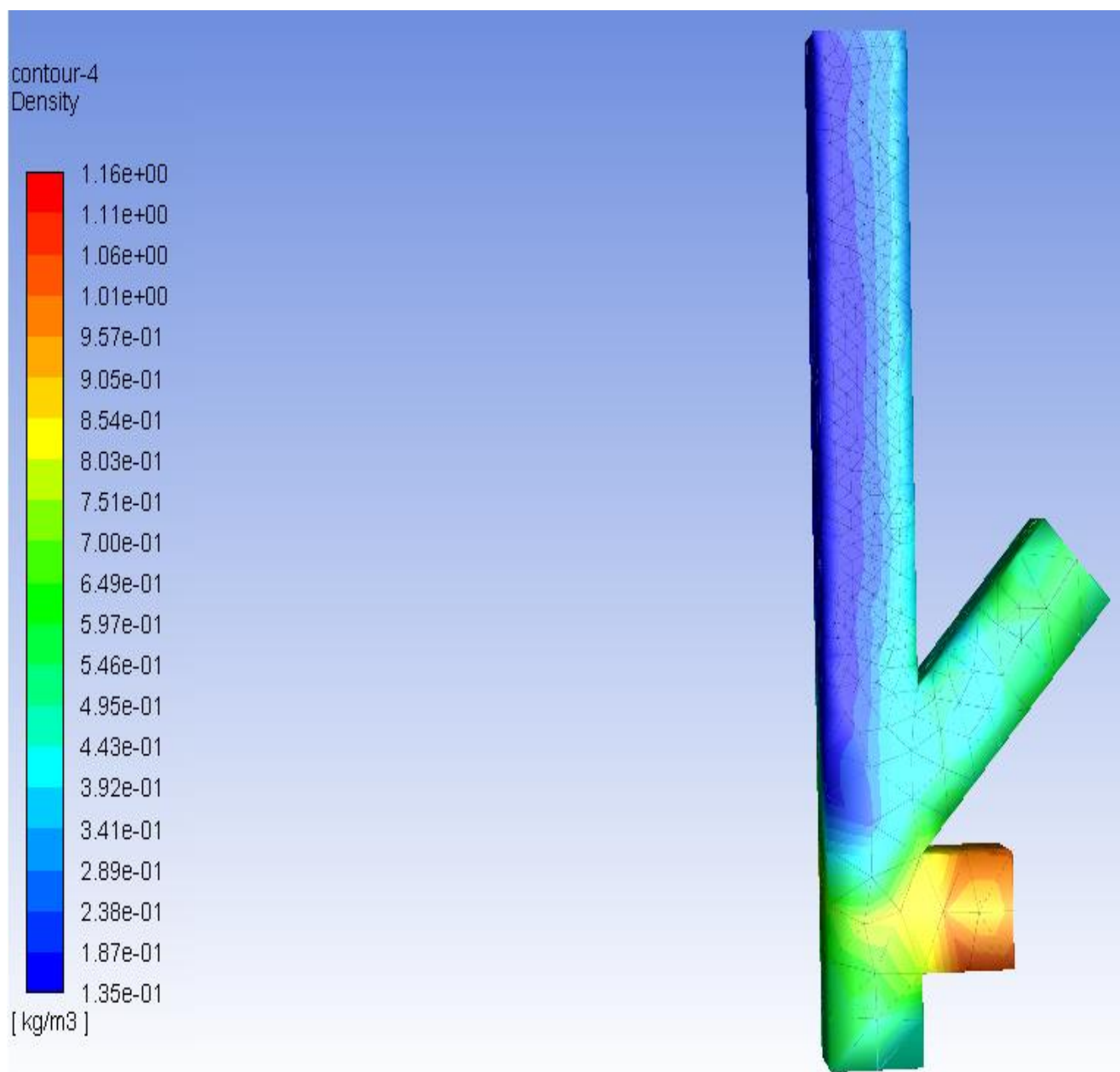
**Anexo N° 15: Simulación de temperatura en vectores
(Configuración N° 3)**



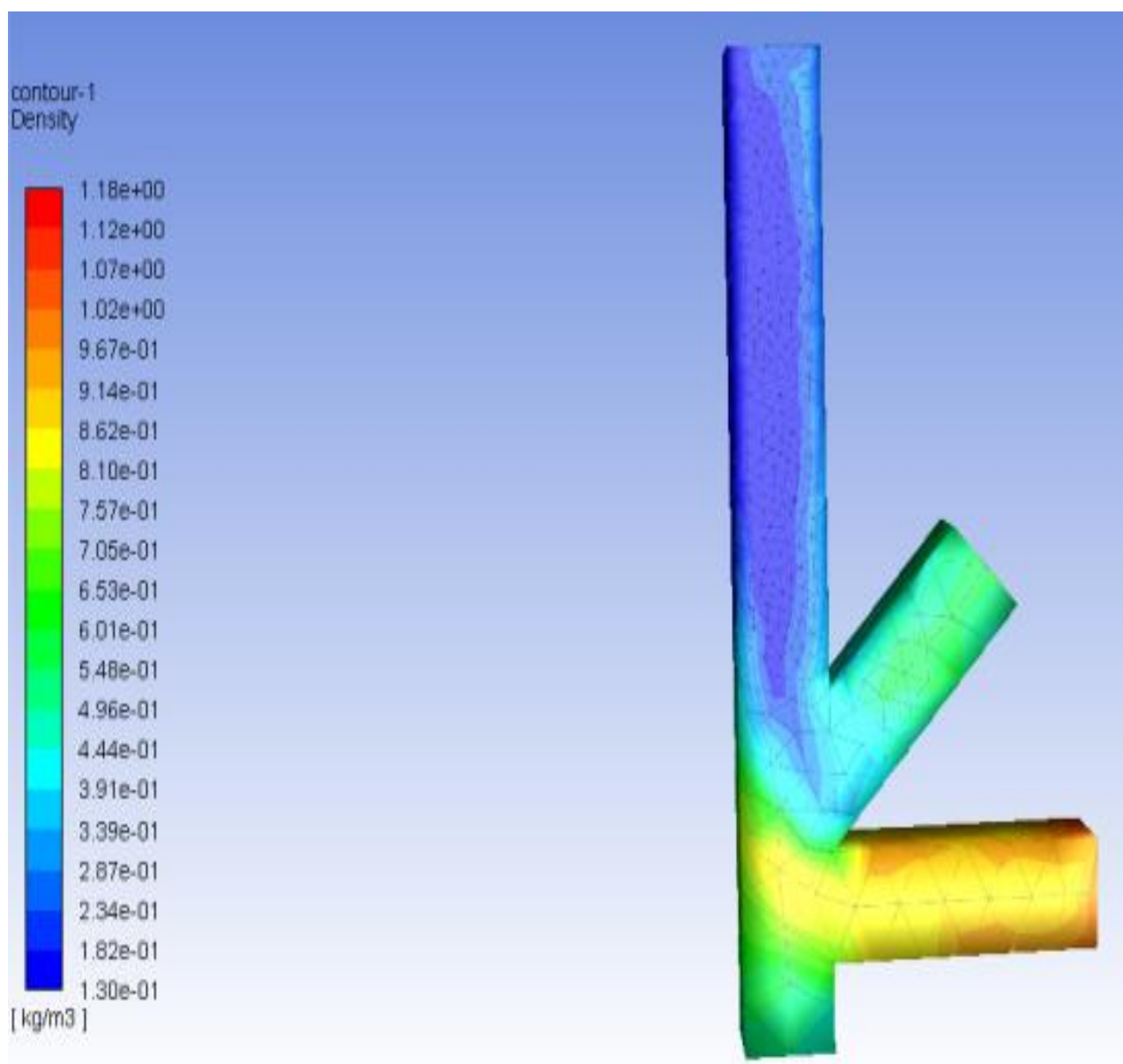
Anexo N° 16: Simulación de la densidad (Configuración N° 1)



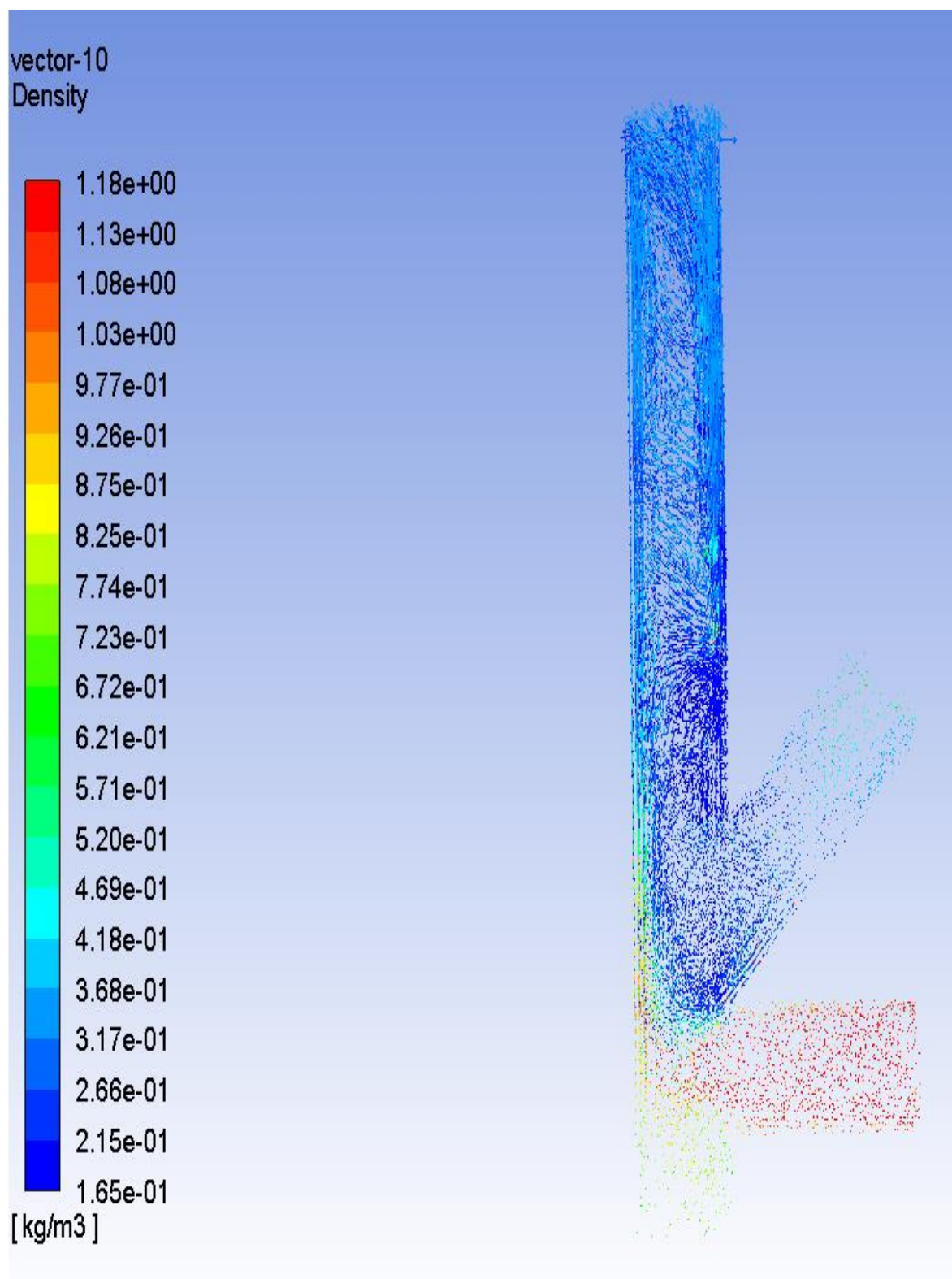
Anexo N° 17: Simulación de la densidad (Configuración N° 2)



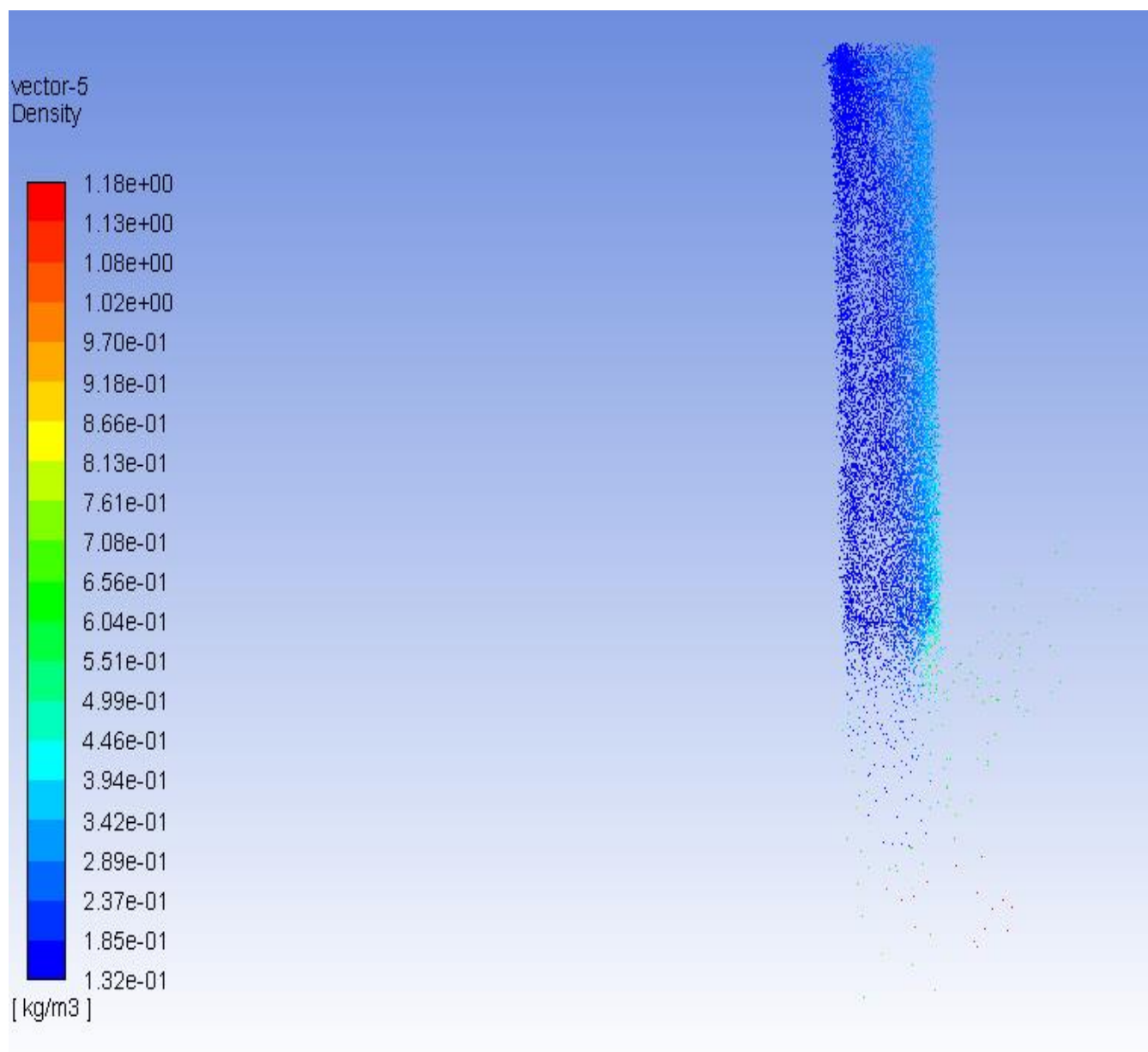
Anexo N° 18: Simulación de la densidad (Configuración N° 3)



Anexo N° 19: Simulación de la densidad en vectores
(Configuración N° 1)



Anexo N° 20: Simulación de la densidad en vectores
(Configuración N° 2)



Anexo N° 21: Simulación de la densidad en vectores
(Configuración N° 3)

